



Universidad Veracruzana

**Distribución y caracterización ecológica de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen
en el estado de Veracruz.**

TESIS

Para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Ecología Forestal

PRESENTA

Jorge Alberto Pineda Posadas

Dra. Virginia Rebolledo Camacho

Dra. Claudia Álvarez Aquino

Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez

Xalapa, Veracruz, México

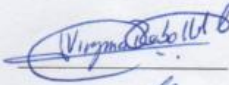
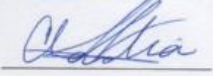
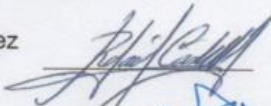
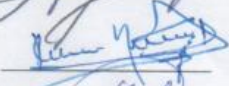

agosto 2018



UNIVERSIDAD VERACRUZANA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FORESTALES
MAESTRIA EN CIENCIAS EN ECOLOGÍA FORESTAL

Aprobación del documento final de tesis de grado: Distribución y caracterización ecológica de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en el estado de Veracruz.

Realizada por el alumno Jorge Alberto Pineda Posadas, bajo la dirección del Comité particular de tesis y aprobada por el Comité Revisor. Ha sido aceptada como requisito parcial para obtener el grado de: **Maestro en Ciencias en Ecología Forestal.**

	Nombre	Firma
Director de tesis	Dra Virginia Rebolledo Camacho	
Asesores	Dra Claudia Álvarez Aquino	
	Dr. Rafael Felipe del Castillo Sánchez	
Comisión Revisora	MC. Héctor Venancio Narave Flores	
	MC. Guillermo Rodríguez Rivas	

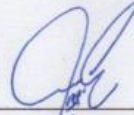
Xalapa, Ver. A 15 de junio del 2018.

DECLARACIÓN

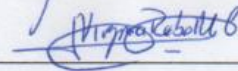
Excepto cuando es explícitamente indicado en el texto, el trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por Jorge Alberto Pineda Posadas como estudiante de la carrera de Maestro en Ciencias en Ecología Forestal entre agosto de 2015 y julio de 2017, bajo la supervisión de la Dra. Virginia Rebolledo Camacho.

Las investigaciones reportadas en esta tesis no han sido utilizadas anteriormente para obtener otros grados académicos, ni serán utilizadas para tales fines en el futuro.

Candidato: Jorge Alberto Pineda Posadas



Director de tesis: Dra. Virginia Rebolledo Camacho



A Dios por su infinita misericordia y amor.

A mi familia: Bere, Dani y Pepe (Los Chenchitos) porque sin su amor nada sería posible y juntos con la ayuda de Dios venceremos cualquier adversidad.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría.

Al Instituto de Investigaciones Forestales (INIFOR) de la Universidad Veracruzana (UV) y a todos quienes forman parte del posgrado de la Maestría en Ciencias en Ecología, gracias por la oportunidad brindada al cursar mis estudios de maestría.

A la Dra. Virginia Rebolledo Camacho, quien aprecio y admiro mucho por su disposición al trabajo, su gran compromiso por los demás y su gran calidez humana. Siempre estuvo ahí para dirigirme y apoyarme, compartiendo conocimientos, experiencia y recursos ¡hizo que este proyecto fuera una gran experiencia!

A la Dra. Claudia Álvarez Aquino, por todo su apoyo, por todo el material que siempre estuvo dispuesta a compartir y por su gran calidez humana.

Al Dr. Rafael F del Castillo Sánchez, un hombre con una gran sencillez y quien siempre estuvo dispuesto a compartir su conocimiento, apoyarme y guiarme, aún en la distancia.

A los maestros Guillermo Rodríguez Rivas y Héctor V Narave Flores, quienes fueron los revisores y que en todo momento mostraron disposición y un apoyo incondicional.

A los Maestros en Ciencias Joaquín Becerra Zavaleta y Abel Felipe Vargas por su ayuda en todo momento para identificar plantas a pesar de sus compromisos, les aprecio mucho.

A Nelly Cabrera Bello y Mario Soto Sánchez. Su apoyo y compañía en los recorridos que se realizaron en la sierra fue de gran valor para mí y ¡Vaya experiencias que resultaron ser!, sobre todo cuando los vehículos se atoraban en el lodo o cuando estábamos perdidos sin que el GPS pudiera salir al rescate.

A todos quienes estuvieron apoyando en el desarrollo de este documento y que por algún motivo he olvidado incluir su nombre. ¡Muchas gracias!

Reconocimiento

Este proyecto se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales de la Universidad Veracruzana con el apoyo de la Agroexportadora Bravo Grande S. P. R. y forma parte del proyecto “Establecimiento de un huerto semillero asexual y un banco clonal a través de injertos y enraizado de estacas respectivamente, y dos ensayos de progenie de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen”, financiado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) con seguimiento por parte de la Gerencia en Veracruz y convenio de concertación número CNF/GEVER-001/2016-2020

Índice

Resumen	1
Abstract	2
1. Introducción	3
2. Antecedentes.....	6
2.1 Distribución natural de <i>P. chiapensis</i>	6
2.2 Herramientas para conocer la distribución de las especies	10
2.3 Estructura y composición de los bosques con <i>P. chiapensis</i>	11
3. Pregunta de investigación	16
4. Objetivos.....	16
5. Materiales y Métodos	17
5.1 Área de estudio.	17
5.2 Método para determinar la distribución natural y potencial de <i>P. chiapensis</i> en el estado de Veracruz.	18
5.3 Metodología para describir los principales factores ecológicos que regulan la presencia de <i>P. chiapensis</i>	24
5.4 Método para describir la composición y estructura arbórea en bosques con presencia de <i>P. chiapensis</i>	26
6. Resultados.....	28
6.1 Distribución potencial de <i>P. chiapensis</i> en el estado de Veracruz	28
6.2 Distribución de bosques con <i>P. chiapensis</i> en el estado de Veracruz	31
6.3 Principales factores ecológicos presentes en los bosques con <i>P. chiapensis</i>	33
6.4 Composición y estructura arbórea de acahuales, zonas agrícolas, ganaderas y bosques.....	36
7. Discusión	48
8. Conclusiones	52
9. Literatura citada.....	54
Anexo I	61

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de distribución de <i>P. chiapensis</i> en México y Guatemala (Perry, 1991; Syring <i>et al.</i> , 2007).	8
Figura 2 Mapa de distribución de <i>P. chiapensis</i> en el estado de Veracruz (Narave y Taylor, 1997).	9
Figura 3: Ubicación geográfica de los municipios del estado de Veracruz donde se reporta la presencia de <i>P. chiapensis</i>	17
Figura 4. Ejemplo del proceso de reclasificación, realizado con el software SAGA GIS 2.3.1. Como primera fase del proceso para realizar la zonificación ecológica: a) raster original, b) raster reclasificado en rangos, c) raster vectorizado (666 polígonos) y d) vectores disueltos (9 polígonos).	19
Figura 5. Ejemplo con la variable de temperatura y su clasificación de acuerdo a los requerimientos ambientales obtenida con el software Qgis 2.18. Imagen izquierda muestra la temperatura promedio en rangos (Temp_prom), imagen derecha muestra la clasificación (V_temp) donde “1” son óptimos, “2” máximos, “3” mínimos y “0” no aptos.	20
Figura 6. Ejemplo de intersección entre dos variables con el software Qgis 2.18 para el estado de Veracruz donde a) temperatura promedio anual, b) precipitación anual y c) intersección	21
Figura 7. Red de unidades de muestreo primaria (UMP) representada por puntos verdes, que ilustran el muestreo sistemático aplicado en el área de distribución natural de <i>P. chiapensis</i>	22
Figura 8. Representación gráfica de un conglomerado o unidad de muestreo primaria (UMP) en forma de “Y” invertida, donde los círculos verdes representan las unidades de muestreo secundario (UMS) con una superficie de 400 m ² usadas para medir las variables antes descritas, los círculos naranja son de 12.56 m ² usados para medir la regeneración y Az corresponde al azimut.....	25
Figura 9. Toma de datos e inventario forestal en la localidad de Tazolapa, Atzalán. Imagen izquierda levantamiento de UMS, imagen derecha medición de altura con clinómetro suunto.	27

Figura 10. Distribución potencial de *P. chiapensis* para el estado de Veracruz, obtenida con el software Qgis 2.18. El color verde ilustra la zona altamente potencial, el color azul moderadamente potencial, el color gris poco potencial y el amarillo no potencial. 29

Figura 11. Distribución natural de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz, delimitado por el contorno del polígono azul, corroborado en campo a través de las UMP y registros durante los recorridos. 32

Figura 12. Área de distribución de *P. chiapensis* donde se observó el pino con las mayores variaciones de diámetros y alturas, además de las mejores características dendrométricas de acuerdo a los inventarios realizados (Círculo rojo). 33

Figura 13. Uso de suelo en la zona centro del estado de Veracruz donde se distribuyen los bosques con *P. chiapensis*. Fuente: Uso de suelo y vegetación, serie VI, INEGI, 2016. 35

Figura 14: Imágenes que ilustran la presencia de *P. chiapensis* en los diversos usos de suelo en el municipio de Atzalan, a) ganadería, b) agricultura y c) Bosque. 41

Figura 15. Primer sitio de regeneración natural de *P. chiapensis* ubicado en el camino El Pimiento – Mecacalco, y con presencia de *Pteridium aquilinum*. Los números indican las condiciones que se describen para este sitio..... 43

Figura 16. Segundo sitio de regeneración natural de *P. chiapensis* junto a un cultivo de caña de azúcar, en la localidad de Mecacalco Veracruz. 44

Figura 17. Regeneración de *P. chiapensis* en predios abandonados ubicados en las afueras de la comunidad San Antonio Ocotepc, Altotonga, en los cuales se presenta *Pteridium aquilinum*. 45

Índice de tablas

Tabla 1: Localidades y coordenadas geográficas de bosques reportados con presencia de *P. chiapensis* en México y Guatemala (Dvorak *et al*, 2000) 7

Tabla 2 Ubicación geográfica y principales características de las unidades de muestreo primarias (UMP), determinadas por la red de puntos dentro de la zona potencial de *P. chiapensis*..... 23

Tabla 3: Rango de requerimientos ambientales usado para la zonificación ecológica de *P. chiapensis*. 28

Tabla 4 Ubicación geográfica y principales características de los lugares donde se establecieron las unidades de muestreo primarias (UMP), y donde se distribuye de forma natural <i>P. chiapensis</i> . PA= Precipitación anual, TA= Temperatura anual. Mec=Mecacalco, Mpio. Altotonga Veracruz	31
Tabla 5: Cuadro de requerimientos ambientales de <i>P. chiapensis</i> para el estado de Veracruz.	34
Tabla 6 Composición y frecuencia de las especies arbóreas presentes en el total de unidades de muestreo en los diferentes usos de suelo donde se distribuye <i>P. chiapensis</i> en el estado de Veracruz.....	36
Tabla 7. Frecuencia de especies arbóreas presentes en zonas ganaderas clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros.	38
Tabla 8. Frecuencia de especies arbóreas presentes en zonas de acahual con un periodo de abandono de siete años, clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros	38
Tabla 9. Frecuencia de especies arbóreas presentes en zonas agrícolas clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros.	39
Tabla 10 . Frecuencia de especies arbóreas presentes en bosque donde se distribuye <i>P. chiapensis</i> clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros.	40
Tabla 11. Análisis de varianza paramétrico para el índice de diversidad de Simpson (1-D), Dominancia (D) y no paramétrico para el número de especies (NE) registrados en unidades de muestreo secundario. F de Fisher, grados de libertad (gl).....	45
Tabla 12 Índice de similitud de Jaccard aplicado a la vegetación arbórea en predios con diferentes usos de suelo, elaborado con el software Past 3.18.....	46
Tabla 13. Especies que representan el 60% del IVI en los diversos usos de suelo y la densidad por hectárea para cada especie.....	46

Índice de gráficos

Gráfica 1. Dispersión de sitios en función de las variables ambientales, considerando altitud (1), exposición solar (2), precipitación mínima del mes más seco (3), precipitación media anual (4), precipitación máxima del mes más húmedo (5), temperatura máxima del mes más cálido (6), temperatura mínima del mes más frío (7) y temperatura media

anual (8). Y donde: +A) sitios no potenciales, b) moderada y altamente potencia y C) Sitios con presencia de *P. chiapensis*. 30

Gráfica 2. Comparación de altura total y altura del fuste limpio en *P. chiapensis*, considerando los usos de suelo (agrícola, ganadero, acahual y bosque natural). 41

Gráfica 3. Comparación del diámetro (DAP) y diámetro de copa en *P. chiapensis*, considerando los usos de suelo (agrícola, ganadero, acahual y bosque natural). 42

Resumen

Pinus chiapensis es una especie forestal subtropical bajo protección especial que tiene alta demanda por ser de fácil aserrío y rápido crecimiento, su distribución en el estado de Veracruz está restringida a un área en donde la agricultura y ganadería son las principales actividades económicas lo que ha disminuido sus poblaciones naturales. Ante esta situación, se planteó el determinar el área de distribución potencial y real de la especie en Veracruz, así como, las principales características ecológicas, de composición y estructura de los bosques donde se distribuye, lo que permitirá generar estrategias de conservación y restauración ecológica. Se obtuvieron las coordenadas geográficas de 147 árboles de *P. chiapensis* distribuidos en tres municipios de Veracruz y con sistemas de información geográfica, se realizó una zonificación ecológica para determinar la distribución potencial de la especie. Con el mapa resultante se diseñó un muestreo sistemático cada 5 Km² para validar la presencia del pino, obteniendo un total de 18 puntos de muestreo con 72 sitios secundarios de 400 m² cada uno, donde se midieron variables de composición y estructura, en los puntos de muestreo donde estuvo presente *P. chiapensis* se estimó el índice de valor de importancia ecológica (IVI), el índice de similitud de Jaccard y variables dasométricas. El área potencial de *P. chiapensis* en Veracruz es de 558 Km² y el área de distribución de 245 Km², donde el 20% de la superficie se destina a actividades ganaderas y el 46% a actividades agrícolas, registrando 47 especies en las áreas muestreadas y donde *P. chiapensis* es una de las más importantes de acuerdo al IVI, presentando una mayor similitud la composición arbórea de los predios agrícolas y ganaderos con un valor de 30% y una tasa de regeneración natural de *P. chiapensis* baja o nula en todo el área de distribución. Coexiste con especies como *Acalypha sp*, *Alchornea latifolia*, *Cyathea mexicana*, *Saurauia leucocarpa*, *Trema micrantha*, *Turpinia insignis*, *P. pseudostrobus*, y *P. maximinoi*, entre otras, dependiendo de la elevación.

Palabras clave: Composición, Estructura, Índice de Valor de importancia, Sistemas de información geográfica, Zonificación ecológica.

Abstract

Pinus chiapensis is a subtropical forest species under special protection that has a high demand for its ease of sawmilling and fast growing. Its distribution in the state of Veracruz is restricted to an area where agriculture and ranching are the main economic activities; thus, their natural populations have decreased. Faced with this situation, it was proposed to determine the potential and real distribution area of the species in Veracruz, as well as to know the main ecological characteristics, composition, and structure of the forests where it is distributed. This will allow the generation of ecological conservation and restoration strategies. Geographic coordinates of 147 trees of *P. chiapensis* distributed in three municipalities of Veracruz were obtained, and through the use of Geographic Information Systems, an ecological zoning was carried out to predict the potential distribution of the species. With the resulting map, a systematic sampling was designed every 5 square kilometers to validate the presence of the pine. A total of 18 sampling points were obtained with 72 secondary sites of 400 square meters each, in which variables of composition and structure were measured. At the sampling points where the *Pinus chiapensis* species was present, the Importance Value Index (IVI), the Jaccard similarity coefficient, and dasometric variables were estimated. The potential area of *P. chiapensis* in Veracruz is 558 square kilometers and the distribution area is 245 square kilometers, where 20% of the surface is used for livestock activities and 46% for agricultural activities. 47 species were recorded in the sampled areas; the species *P. chiapensis* is one of the most important according to the IVI index in the sampled areas, since the tree composition of the agricultural and livestock areas presents a greater similarity with a value of 30% and a low or null rate of natural regeneration of *P. chiapensis* throughout the distribution area. According to the elevation, this species coexists with species such as *Acalypha* sp, *Alchornea latifolia*, *Cyathea mexicana*, *Saurauia leucocarpa*, *Trema micrantha*, *Turpinia insignis*, *P. pseudostrobus*, and *P. maximinoi*, among others.

Keywords: Composition, Structure, Importance Value Index, Geographic Information Systems, Agro-ecological zoning.

1. Introducción

El género *Pinus* incluye más de 100 especies reconocidas, siendo así el más grande de la familia Pinaceae (Farjon 2005; Gernandt et al., 2005). A nivel mundial tiene una distribución geográfica casi exclusiva al hemisferio norte desde las zonas boreales hasta las tropicales, condicionada por variables ambientales como temperatura, precipitación, altitud y tipo de suelo, principalmente (Farjon 2005, Sánchez González 2008; Pérez-de la Rosa 2014).

Las regiones montañosas constituyen los sitios donde se diversificaron muchas especies de pinos, existiendo variación intraespecífica en función al lugar donde se encuentre determinada especie (Farjon, 2005; Gernandt et al., 2014). La literatura señala que durante el cretácico inferior (130 – 90 millones de años), los pinos estaban diferenciados en dos subgéneros: Haploxyton (*Strobus* o “pinos blandos”) y Diploxyton (*Pinus* o “pinos duros”), distribuidos ampliamente en lo que hoy corresponde a los territorios de Canadá y Estados Unidos (Mirov, 1967; Gernandt et al., 2005). De igual forma se ha mencionado que fenómenos como el cambio climático ocurrido hace 55 y 37 millones de años provocó que las gimnospermas migraran hacia el ecuador a latitudes medias (15 - 30°N) lo que favoreció la diversificación de éste género (Farjon, 2005; Richardson y Rundel, 1998).

En México, la colonización de diversas especies de pinos se efectuó a través de la Sierra Madre Occidental y en una segunda etapa por la Sierra Madre Oriental desde los Estados Unidos de América. El eje neovolcánico transversal sirvió como punto de contacto entre las especies y posteriormente como centro de diversificación secundario del género *Pinus* para el país, reconociendo actualmente la existencia de 46 especies, 3 subespecies y 22 variedades, de los cuales el 55% de los taxa son endémicos a México, convirtiéndolo en el país con mayor diversidad (Sánchez-González, 2008; Gernandt et al., 2014).

Los pinos son un recurso valioso para México al usarse en la obtención de madera, resina, combustibles, alimentos, entre otros (Gernandt et al., 2005). Los diferentes usos están dados por las características de la madera que diferencian a los pinos “duros”, en cuya xilema se producen fibras largas que los hace ser más resistentes, de los pinos

“blandos” de menor abundancia y que son usados en la obtención de madera menos resinosa que los anteriores (Le Maitre, 1998; García y González, 2003).

Entre los pinos agrupados en esta última categoría se encuentra *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, considerado uno de los recursos forestales más importantes en las zonas montañosas húmedas y subtropicales del Sur de México y Norte de Guatemala (Del Castillo y Acosta, 2002). La especie puede encontrarse en un rango altitudinal menor a 2100 msnm, con precipitación superior a 1500 mm anuales, clima tropical o subtropical y libre de heladas (del Castillo et al., 2004). Se desarrolla en suelos con altas cantidades de arena y pendientes de 24 a 42 grados (Domínguez, 1986; Farjon y Styles, 1997; Romero, 2005). Presenta incrementos medios anuales de 2 a 2.17 centímetros en diámetro y de 0.83 a 1.0 metros en altura (Domínguez 1986; Del Castillo, 1996; García, 2010).

Actualmente, las poblaciones donde se distribuye *P. chiapensis* se encuentran restringidas a áreas fragmentadas y frecuentemente degradadas, rodeadas de zonas agrícolas, repercutiendo en una baja densidad y tamaño poblacional afectando su regeneración natural (Del Castillo et al., 2009). Además de ser aparentemente intolerante a la sombra (Newton et al., 2002; Grubb, 1997), está presente en un ecotono. Evidencia fitogeográfica indica que, derivado de la severa presión por el cambio de uso de suelo, ya se distribuye de forma relictual (Vilela y Acosta, 2001), por lo cual está sujeto a protección especial por la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Por otro lado, de acuerdo a la lista roja de la unión internacional para la conservación de la naturaleza (UICN) está considerada en peligro de extinción (Thomas y Farjon, 2013).

En el estado de Veracruz, el pino se encuentra restringido a la zona centro, en donde se ve afectado por la problemática antes descrita, por lo que en 2016 se inició un programa de conservación de la especie para el estado, apoyado por la Comisión Nacional Forestal, en el cual se pretende establecer un huerto semillero y un banco de conservación clonal que permita reunir las mejores fenotipos de acuerdo a caracteres productivos así como mantener la variabilidad genética, todos ellos evaluados mediante ensayos de progenie. Un primer aspecto considerado en el proyecto fue el conocer la situación real de las poblaciones donde se encuentra *P. chiapensis* y determinar su

distribución geográfica, así mismo describir las características ecológicas presentes en dichos sitios, considerando la estructura y composición vegetal de las especies arbóreas presentes, ya que pueden cambiar en función del gradiente altitudinal. Bajo este esquema, el presente estudio planteó determinar la distribución potencial y natural de *P. chiapensis* con el uso de los sistemas de información geográfica aplicando la metodología de zonificación ecológica, además de hacer la descripción ecológica de los lugares donde se encuentra el pino en el estado de Veracruz. La información permitirá planificar las actividades que garanticen la conservación y el manejo de este pino, además de facilitar la toma de decisiones en el establecimiento de nuevas plantaciones, ya sea por reintroducción o en sitios identificados como potenciales.

2. Antecedentes

Los primeros trabajos de distribución de las especies arbóreas estuvieron relacionados con la clasificación y nomenclatura de la vegetación en el mundo. A partir de que Carlos Linneo estableció los fundamentos para el esquema moderno de la nomenclatura binomial muchos investigadores, botánicos y ecólogos han tratado de identificar la distribución de las especies ya descritas. Autores como Maximino Martínez, Efraím Hernández Xolocotzi, Aldo Leopold, Jerzy Rzedowski, Mirov, entre otros, han tratado de identificar, clasificar y determinar la distribución de la vegetación en diversas partes del mundo, dando así pie a la clasificación de regiones las cuales están conformadas en función de sus características ecológicas. En Norteamérica se reconocen tres regiones de alta diversidad de especies de pinos: 1) México, 2) California y 3) el sureste de EUA (Farjon y Styles, 1997).

En México la gran mayoría de los pinos posee una distribución geográfica restringida al territorio del país, pocos son los que traspasan fronteras. Se distribuyen principalmente en cinco regiones, que difieren parcialmente de las seis áreas que definió Eguiluz-Piedra (1985), con base en la presencia de grupos particulares de especies: I) Baja California Norte y Sur, II) Sierra Madre Occidental, III) Sierra Madre Oriental, IV) Faja Volcánica Transmexicana y V) Sierra Madre del Sur (Sánchez-González, 2008). En las regiones IV y V se encuentra distribuido de forma relictual *P. chiapensis*, taxonómicamente ubicado hasta 1964 como *Pinus strobus* var. *chiapensis* Martínez, como una conífera nativa de México y Guatemala. En México es más abundante y se encuentra en los estados de Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Puebla y Veracruz (Perry, 1991).

2.1 Distribución natural de *P. chiapensis*.

Los primeros registros de la existencia de *P. chiapensis* en México se encuentran en el Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Department of Botany. La colecta fue realizada en el año de 1939 por Maximino Martínez en la localidad de Santa María a 20 kilómetros de Cintalapa en Chiapas, México con el número de catálogo: US

2399341 (Martínez, 1940). Domínguez (1986) menciona que esta especie es nativa de México y Guatemala, con una distribución altitudinal entre 150 a 2300 msnm, teniendo como marco geográfico de 15 a 20° latitud norte y de 91 a 101° longitud oeste. En la Tabla 1 se presenta información de las principales localidades donde se ha reportado este pino, el cual se distribuye abundantemente en los estados de Chiapas y Oaxaca (Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Sur, Mixteca e Istmo) y de forma discontinua en Veracruz (Eje Neovolcánico), Puebla (Sierra de Puebla), Guerrero (Sierra Madre del Sur), Chiapas (Montañas del Norte de Chiapas) y Guatemala (Sierra de los Chuchumatanes) (Perry, 1991; Rzedowski, 2006).

Tabla 1: Localidades y coordenadas geográficas de bosques reportados con presencia de *P. chiapensis* en México y Guatemala (Dvorak *et al*, 2000)

Localidad	Estado/Provincia	País	Latitud N	Longitud W
Tlapacoyan	Veracruz	México	19° 56	97° 12
Bochil	Chiapas	México	17° 02	92° 52
Lachao	Oaxaca	México	16° 11	97° 02
Guevea de Humboldt	Oaxaca	México	16° 48	95° 22
La Libertad	Chiapas	México	16° 53	92° 32
La Trinidad	Chiapas	México	17° 02	92° 45
Larrainzar	Chiapas	México	16° 52	92° 41
Pohlo	Chiapas	México	16° 56	92° 32
Pueblo Nuevo	Chiapas	México	17° 06	92° 52
Santa Cruz de los Pinos	Chiapas	México	16° 49	93° 27
San Gabriel Mixtepec	Oaxaca	México	16° 11	97° 05
Yerbabuena	Oaxaca	México	17° 58	96° 45
Santiago Tutla	Oaxaca	México	17° 11	95° 25
San Juan Cotzal	El Quiché	Guatemala	15° 27	91° 13
Highway 175	Oaxaca	México	17° 36	96° 23
Napoala	Veracruz	México	19° 54	97° 13
Hierba Santa	Guerrero	México	17° 31	99° 58
Teotlaxco	Oaxaca	México	17° 28	96° 20
Guaquitepec	Chiapas	México	16° 59	92° 14
Tenajapa	Chiapas	México	16° 52	92° 28
Pantelho	Chiapas	México	17° 01	92° 28
San Cayetano	Chiapas	México	16° 59	92° 48
Los Ángeles	Chiapas	México	16° 16	93° 38
Tierra y Libertad	Chiapas	México	16° 12	93° 40

Continuación....

Localidad	Estado/Provincia	País	Latitud N	Longitud W
Fco. I. Madero	Chiapas	México	16° 49	93° 46
Cienega de León	Chiapas	México	16° 41	94° 00
Jilguero	Guerrero	México	17° 30	100° 00
El Guajolote	Guerrero	México	17° 09	94° 41
Sierra el conejo	Guerrero	México	17° 38	100° 36
Sta. Ma. Chimalapa	Oaxaca	México	16° 54	94° 41
San Pedro Teutila	Oaxaca	México	17° 58	96° 43
San Miguel Copala	Oaxaca	México	17° 13	97° 59
Zapotitlán	Veracruz	México	19° 50	97° 09
Barillas	Huehuetenango	Guatemala	15° 48	91° 18

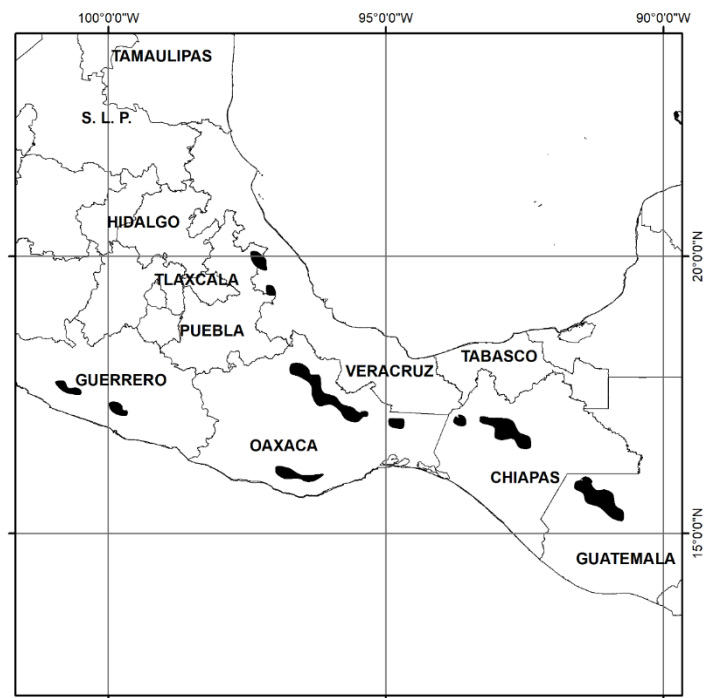


Figura 1. Mapa de distribución de *P. chiapensis* en México y Guatemala (Perry, 1991; Syring *et al.*, 2007).

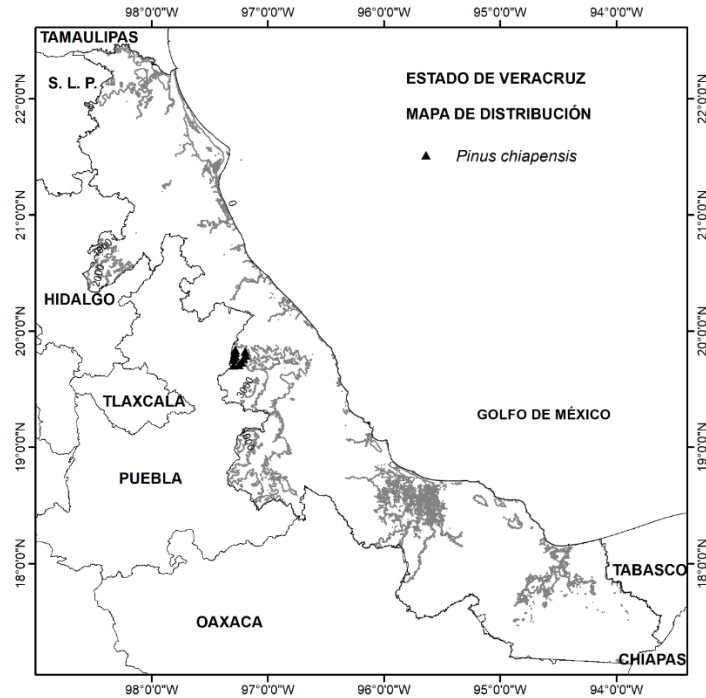


Figura 2 Mapa de distribución de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz (Narave y Taylor, 1997).

La relevancia de conocer la distribución de esta especie, es que, al comparar la morfología de algunos caracteres entre los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz, se han encontrado ciertas variaciones, lo que puede sugerir una diversidad genética importante (Yañez y Caballero, 1991; López, 2007; Arvizu, 2003). Además, los procesos de selección y cambio de uso de suelo en las diferentes regiones han llevado a un proceso de deterioro en términos fenotípicos y posiblemente genéticos (selección disgénica), resultado del aprovechamiento de los mejores individuos, garantizando la permanencia de árboles de bajo valor forestal como aquellos con fustes torcidos, de menores altura y mayor número de ramificaciones. Del Castillo *et al.* (2009) recalcan la importancia de considerar que el riesgo de extinción se incrementa en una población pequeña, ya que decrece la variabilidad genética generando problemas de regeneración.

2.2 Herramientas para conocer la distribución de las especies

Los modelos de distribución de especies son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie en función de las variables empleadas para generar dicha representación (Mateo *et al.*, 2011). Los primeros modelos que determinan la distribución de especies en función de las variables ambientales tienen casi 50 años. En la actualidad existen técnicas que nos permiten identificar la distribución potencial de una especie en función de sus requerimientos climáticos. Sin embargo, aun cuando estos estudios son útiles para un manejo adecuado de las especies, son pocos los trabajos realizados en plantas mexicanas (Yberri, 2009). Dentro de estas técnicas se encuentran la modelación de nicho ecológico, los sistemas de información geográfica y la zonificación agroecológica.

La modelación de nichos ecológicos ha desarrollado programas informáticos que permiten predecir la distribución de las especies, considerando variables ecológicas (Ortega-Huerta y Peterson, 2008), apoyándose en aquellos factores ambientales específicos que limitan la distribución de cada especie para la modelación (Garfias *et al.*, 2013). Un ejemplo de aplicación de esta herramienta es el uso de ILWIS 3.3 para determinar la distribución potencial de *P. martinzii* en 28 municipios del estado de Michoacán, donde se describen las condiciones ecológicas del nicho ecológico a través de un muestreo, para definir un perfil bioclimático, obteniendo en la valoración del modelo un 81.25% de confiabilidad (Leal-Nares *et al.*, 2012).

Los sistemas de información geográfica (SIG) son otra herramienta que permite realizar análisis espaciales, se basa en un software, un conjunto de procedimientos y datos cartográficos. La aplicación de la herramienta SIG en Siberia permitió clasificar las áreas forestales; los mapas vectoriales obtenidos reflejaron las condiciones ambientales potenciales de un sitio de prueba, los tipos de bosque y los estados sucesionales de la regeneración en la vegetación (Ryzhkova y Danilova, 2012). En México se determinó el estado de fragmentación de los bosques del país usando SIG, produciendo mapas con cinco clases de fragmentación (Moreno-Sánchez *et al.*, 2014).

Otra metodología en la cual los SIG son el eje principal es la Zonificación Agroecológica (ZAE) desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y

la Agricultura. La ZAE considera el medio físico y abiótico como ejes principales para obtener el mejor desarrollo de los cultivos agrícolas, y por ende, los mejores rendimientos, dichos principios han evolucionado hasta aplicarlos en otras especies vegetales y animales. La zonificación ecológica es la clasificación de espacios geográficos que comparten características ecológicas y donde pueden ubicarse las especies en función de sus requerimientos ecológicos (García y Sierra, 2014). Un ejemplo de ello son los estudios para determinar zonas óptimas para el establecimiento de plantaciones las cuales tienen como objeto la conservación de germoplasma en México (Sáenz-Romero, 2010).

El uso de cualquier técnica para conocer la distribución de las especies permite definir áreas factibles donde llevar a cabo actividades de restauración, representando un primer paso de otros a considerar para mitigar la deforestación en México, la cual está cerca de 534,707 ha anuales (Rosete-Vérges *et al.*, 2014) y donde Veracruz es la entidad federativa que presenta una de las tasas más altas, indicando pérdidas anuales de 2.2% del total de su recurso forestal (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010).

2.3 Estructura y composición de los bosques con *P. chiapensis*

La caracterización de la composición y estructura de los bosques nos permite conocer el estado en el cual se encuentra una masa forestal. La composición se entiende como la enumeración de las especies de plantas presentes en el lugar (Cano y Stevenson, 2009) y la estructura es la distribución de los individuos en términos de tamaño, edad u otras características (Wadsworth, 2000). Valerio (1997) consideró que el tamaño y estructura de las diferentes poblaciones es el resultado de las exigencias de las especies y de las características del ambiente.

El aprovechamiento de los recursos naturales ha generado la necesidad de conocer y comprender el estado de los mismos, por lo cual se han establecido índices de diversidad, los cuales permiten realizar un análisis comparativo y descriptivo de la vegetación, algunos de los más usados son el índice de valor de importancia ecológica, el índice de Simpson, el índice de Jaccard y el índice de diversidad de Shannon –

Wiener, entre otros. Uno de los índices de diversidad más usados es el de valor de importancia ecológica (IVI). Mostacedo y Fredericksen (2000) lo define como un parámetro que mide el valor de las especies con base en tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El IVI es la suma de los tres parámetros y revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal.

En el estado de Guerrero México, al realizar un estudio de estructura y composición florística de las especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña, se encontraron 90 especies con un diámetro superior a 1 centímetro, definiendo un valor de importancia relativo para el género *Pinus* de 1.4%, que lo situó en el lugar 21 (Catalán *et al.*, 2003). Domínguez *et al.* (2004) realizaron un análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), reportaron 39 especies registradas en una parcela de una hectárea y determinaron que el VIR de *P. chiapensis* fue de 2% con alturas máximas y mínimas de 26 y 28 metros con una densidad y frecuencia de 2 individuos por hectárea.

En Cuba se estudió la estructura de un bosque natural perturbado de *Pinus tropicalis* Morelet, donde se encontró que las especies que presentan mayor índice de valor de importancia ecológica (IVI) no coinciden con las de mayor valor de regeneración relativo, esto nos muestra la complejidad al tratar de conocer la estructura de un bosque (Valdés-Sáenz *et al.*, 2014). Por otro lado, en Uruguay para determinar el grado de transformación y degradación de los bosques se ocuparon índices de diversidad y estos fueron vinculados a una base de datos SIG, clasificando también los diversos ecosistemas en la región (Traversa-Tejero y Alejano-Monge, 2013). En el área natural protegida de la Sierra de Quila, Jalisco se encontró que existe diferencia en la composición y estructura de los bosques de acuerdo con el porcentaje de cobertura, denotando que los patrones de distribución son elementos clave para la conservación integral del paisaje y de las diferentes condiciones en las que se desarrollan las coberturas forestales (Santiago *et al.*, 2012).

P. chiapensis forma asociaciones en condiciones de clima caliente y húmedo, colindando con el bosque tropical perennifolio. Dentro de la composición de este pinar en Veracruz se encuentra: *Brosimum alicastrum*, *Quercus excelsa*, *Hampea integerrina*,

Brunellia mexicana y *Cyathea mexicana*, entre otras plantas. Del norte de Oaxaca Schultes (1941) cita masas puras a 850 msnm y cerca de Pueblo Nuevo Solistahuacán y otras comunidades de Chiapas con precipitaciones superiores a 1200 mm anuales, se presentan frondosos bosques a altitudes superiores a 700 msnm, destacando en Oaxaca la morfología de las copas, distintas a la de la mayoría de sus congéneres (Rzedowski, 2006). En Guerrero esta especie no aparece en forma de bosque continuo, se presenta a manera de manchones situados en las partes altas y ordinariamente no descienden si no muy rara vez hacia las cañadas que están cubiertas por un bosque mesófilo. En Oaxaca se desarrollan en pendientes menos pronunciadas que las observadas en Guerrero y la vegetación presenta señales de disturbio ocasionado por actividades humanas (Rzedowski y Vela, 1996).

P. chiapensis se asocia con *Pinus maximinoi* Moore, *P. pseudostrobus* Lindl, *P. oaxacana* Mirov, *Quercus spp.* L. *Fagus mexicana* Martínez (Perry, 1991), *P. ayacahuite* Ehrenb, *P. patula* var. *longepedunculata* Loock, *P. tecunumanii* (Schw) Eguiluz & Perry, *P. teocote* Schl. & Cham. *Liquidambar styraciflua* L., *Cyathaea mexicana* Schltld. & Cham. (Domínguez, 1986) y también con especies secundarias como *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Croton draco* Schltld. & Cham., *Belotia mexicana* Schum, *Cupania glabra* Sw, *Cedrella odorata* L. y *P. tenuifolia* Benth (Zamora y Velasco, 1977). *P. chiapensis* es la única especie de pino observada en selva alta perennifolia, asociada con *Astrocaryum mexicanum* Liebm. Ex Mart., *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith y *Swietenia macrophylla* King, pero es más típico del bosque mesófilo de montaña secundario (del Castillo y Blanco-Macías, 2007).

Regeneración natural

La producción de conos para el *P. chiapensis* ocurre en los meses de marzo y abril, madurando 18 meses después a finales de agosto y principios de septiembre. La dispersión de semilla ocurre en la segunda semana de septiembre, pero existen problemas de regeneración natural los cuales son atribuidos al cambio de uso de suelo, además de la competencia que existe con especies asociadas las cuales tienen una velocidad de crecimiento mayor, lo que ocasiona mayor competencia por luz y

nutrimentos (Zamora y Castellanos, 1999). La mayoría de los estudios sobre floración, producción de semilla y germinación se han realizado cuando la especie ha sido introducida a otros países, como por ejemplo en la región de Mpumalanga en Sudáfrica, o en Brasil y Colombia; encontrando problemas en su manejo, producción y sobrevivencia (Dvorak *et al.*, 2000). En México se realizó un estudio de la viabilidad de la semilla proveniente del estado de Chiapas, comparando la tasa de germinación entre condiciones de laboratorio y dos parcelas experimentales, encontrando que todas las procedencias comenzaron a germinar más rápidamente en laboratorio (8 días) seguido de la parcela expuesta a la luz (25 días) y por último la parcela expuesta a la sombra (54 días), terminando en un periodo de 44 días y muriendo las plántulas en un intervalo de 68 días (Martínez, 1998). En cuanto a la regeneración natural al evaluar ocho fragmentos de bosque pudo concluir que existe escasa regeneración en lugares con cobertura vegetal arbórea y que la regeneración es mayor en lugares expuestos a la luz solar, por tal motivo sugiere que es una especie intolerante a la sombra y que la apertura del dosel favorece su reclutamiento. Ramírez-Marcial *et al* (2004) reportó que la tasa de regeneración de *P. chiapensis* en Chiapas se encontró en zonas abiertas y degradadas, después de un periodo dominado por helechos (*Pteridium* spp) y arbustos, siendo el pino la especie arbórea dominante.

Varios autores abordan el problema de la regeneración natural en las coníferas y describen que la regeneración, su magnitud y la dinámica dependen básicamente del tamaño de los claros producidos, siendo los más grandes los que corresponden a sitios perturbados, sin embargo, estos estudios están enfocados a las especies con mayor distribución o bien con mayor importancia económica, considerando el carácter fuertemente heliófilo de los pinos (Benítez, 2002). En el caso de *Pinus ponderosa* se encontró escasa regeneración en sitios que tenían: cubierta densa, tanto arbóreo como arbustivo, con competencia de herbáceas y periodos de estrés de humedad (Larson y Schubert, 1969). En Costa Rica se encontró que la escasa regeneración de los bosques tropicales es causado por el bajo porcentaje de germinación de las semillas (Holl y Aide, 2011) y la esterilidad en los árboles es preocupante cuando se debe a problemas originados por endogamia, lo que ocurre en poblaciones aisladas con un empobrecimiento genético (Zamora y Velasco, 1977).

En la actualidad se reconoce que *P. chiapensis* se distribuye en los municipios de Jalacingo, Tlapacoyan y Atzalán en el estado de Veracruz. Aunado a ello se sabe que la especie es desplazada por las actividades económicas de la región como cultivos agrícolas y actividades ganaderas, lo que ha fragmentado la región ecológica en la cual habita y aunque este pino es considerado una especie que puede colonizar áreas degradadas, su capacidad de regeneración natural está probablemente en función del tamaño de su población (Del Castillo *et al.*, 2009).

Por lo que es necesario identificar las áreas potenciales para su establecimiento, y hacer un uso correcto de la producción de plantas fomentada por dependencias del gobierno, ya que en muchas ocasiones son establecidas en lugares con las características ambientales no propias de la misma. Por lo tanto, conocer la distribución, composición y estructura de *P. chiapensis* permitirá definir los lineamientos para su conservación, siendo una actividad necesaria por la alta fragmentación que presenta en el estado de Veracruz.

3. Pregunta de investigación

¿Cuál es la distribución de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz y bajo qué condiciones ecológicas se desarrolla?

4. Objetivos

Objetivo general

Determinar el área de distribución natural y potencial de *Pinus chiapensis*, así como, las principales características ecológicas que definen dicha distribución en el estado de Veracruz.

Objetivos específicos

- ✓ Elaborar un mapa de distribución natural y potencial de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz, a través del uso de los sistemas de información geográfica (Quantum GIS), corroborando su existencia en campo.
- ✓ Describir los principales factores ecológicos que caracterizan las zonas donde se encuentra distribuido *P. chiapensis*.
- ✓ Describir la composición y estructura arbórea presente en las zonas donde habita *P. chiapensis*.

5. Materiales y Métodos

5.1 Área de estudio.

El estado de Veracruz Ignacio de la Llave, colinda al norte con Tamaulipas, al sur con Oaxaca y Chiapas, al oriente con el Golfo de México, al poniente con San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla y al sureste con Tabasco. Se encuentra en la latitud $19^{\circ} 26' N$ y longitud $-96^{\circ} 22' O$, con una extensión territorial de $71,699 \text{ km}^2$. La distribución de *P. chiapensis* se reporta en los municipios de Jalacingo, Tlapacoyan y Atzalan, ubicado en las coordenadas $19^{\circ} 56'$ latitud norte y $97^{\circ} 12'$ longitud oeste (Figura 3) en la zona centro del estado de Veracruz, donde la Sierra Madre Oriental se une con el Eje Neovolcánico Transversal.

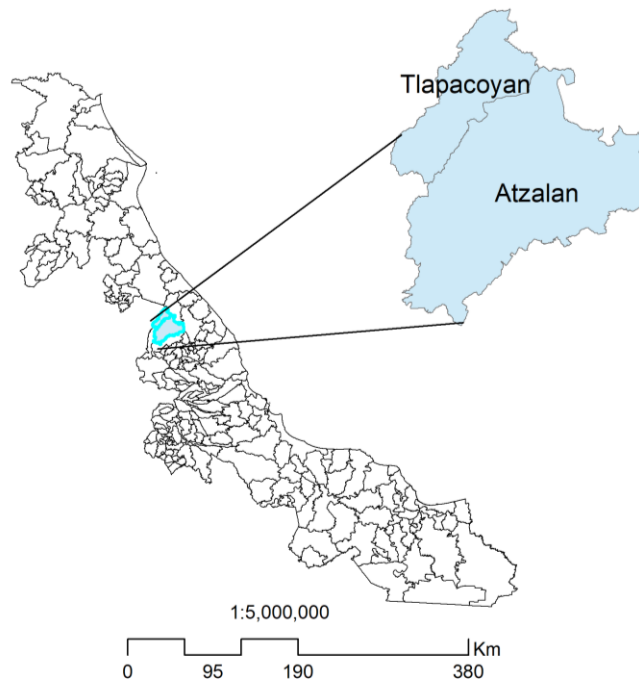


Figura 3: Ubicación geográfica de los municipios del estado de Veracruz donde se reporta la presencia de *P. chiapensis*.

Los climas predominantes en el municipio de Tlapacoyan son tres A(f) (52.36%), Am(f) (35.23%) y (A)C(fm) (12.4% de la superficie municipal), se considera una zona ecológica trópico húmeda, donde el 76.02% de la población se dedica a la agricultura de temporal y el 21.67% a las actividades ganaderas, la altitud media es de 446 msnm

con una máxima de 900 y una mínima de 80, la precipitación media es de 1600 mm. En Atzalan los climas son: A(f) (46.95%), (A)C(fm) (41.71%) y C(f) (11.27% de la superficie municipal), el 99% del municipio se considera trópico húmedo como zona ecológica, con una altitud mínima de 100 msnm, media de 1678 y máxima de 2000 y una precipitación de 1800 a 2000 mm anuales (INEGI, 2010).

5.2 Método para determinar la distribución natural y potencial de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz.

El mapa de distribución potencial de *P. chiapensis* se realizó por medio de la zonificación ecológica propuesta por García y Sierra en 2014, adaptando los procesos al software Qgis 2.18 por su uso libre. Los datos cartográficos empleados fueron: temperatura promedio anual, temperatura máxima del mes más cálido, temperatura mínima del mes más frío, precipitación promedio anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco, carta de edafología de suelos escala 1: 1, 000 000 y el Modelo de elevación digital a 15 metros del cual se obtuvo un mapa de la pendiente del suelo y otro de exposición solar. La fuente de información fue obtenida del proyecto Worldclim y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010).

Se acudió a seis localidades, las cuales fueron Jicotes, Napoala, Chachalacas, Zapotitlán, Epapa y Papalocuautila en los municipios de Jalacingo y Atzalan dentro del estado de Veracruz donde se distribuye la especie de forma natural, y se georreferenciaron 210 árboles de *P. chiapensis* en un rango altitudinal de 445 a 1260 m.s.n.m., obteniendo con esto los rangos mínimos y máximos de las variables ecológicas antes descritas, estos valores fueron comparados con los datos reportados en la bibliografía, y se obtuvo un cuadro de requerimientos ambientales los cuales condicionan la presencia del pino en el estado de Veracruz. Con las imágenes rasters obtenidas del proyecto worldclim, se extrajo con una máscara la información de cada una de las variables ambientales correspondientes al estado de Veracruz y se reclasificó cada imagen considerando el cuadro de requerimientos ambientales antes

descrito. La reclasificación se llevó a cabo con el software System for automated geoscientific analysis (SAGA GIS 2.3.1) y el producto obtenido se vectorizó con el software Qgis 2.18, y se procesó con la herramienta “dissolver” para facilitar el manejo de la información por el número menor de polígono en cada archivo “shape file” (Figura 4).

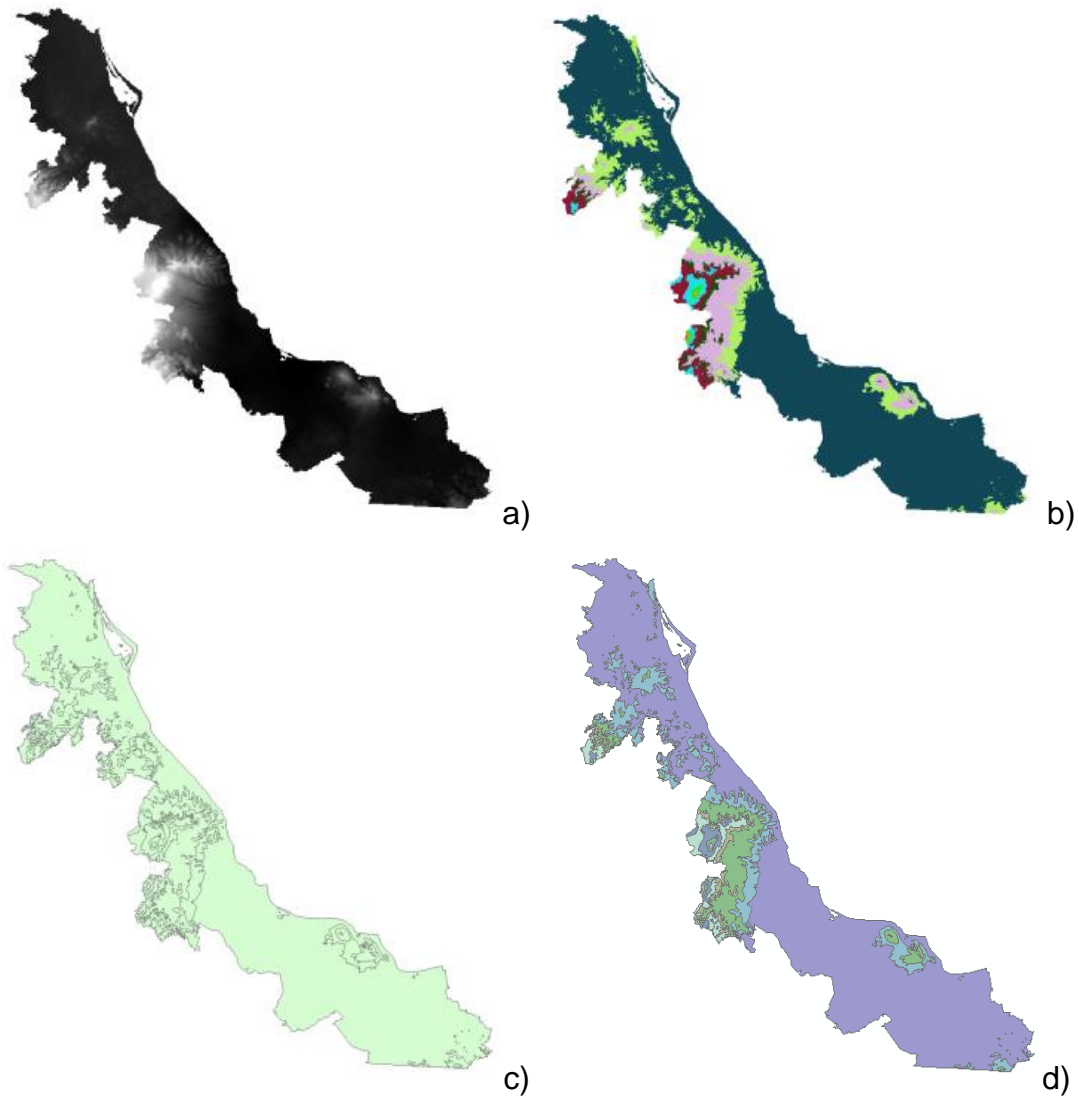


Figura 4. Ejemplo del proceso de reclasificación, realizado con el software SAGA GIS 2.3.1. Como primera fase del proceso para realizar la zonificación ecológica: a) raster original, b) raster reclasificado en rangos, c) raster vectorizado (666 polígonos) y d) vectores disueltos (9 polígonos).

Cada variable ambiental está representada cartográficamente en formato shape file, y en cada tabla de atributo del archivo se le asignó un valor de cero a tres (figura 5), donde “0” representa los límites superiores e inferiores de la variable donde no puede habitar *P. chiapensis*, “1” los rangos óptimos, “2” los rangos máximos y “3” los rangos mínimos. Las variables que se tomaron como determinantes en la distribución de la especie fueron: temperatura promedio anual, precipitación, altitud y edafología; por lo tanto, el valor “0” en cualquiera de las variables antes mencionadas las cataloga como no potencial sin importar si las demás variables son óptimas.

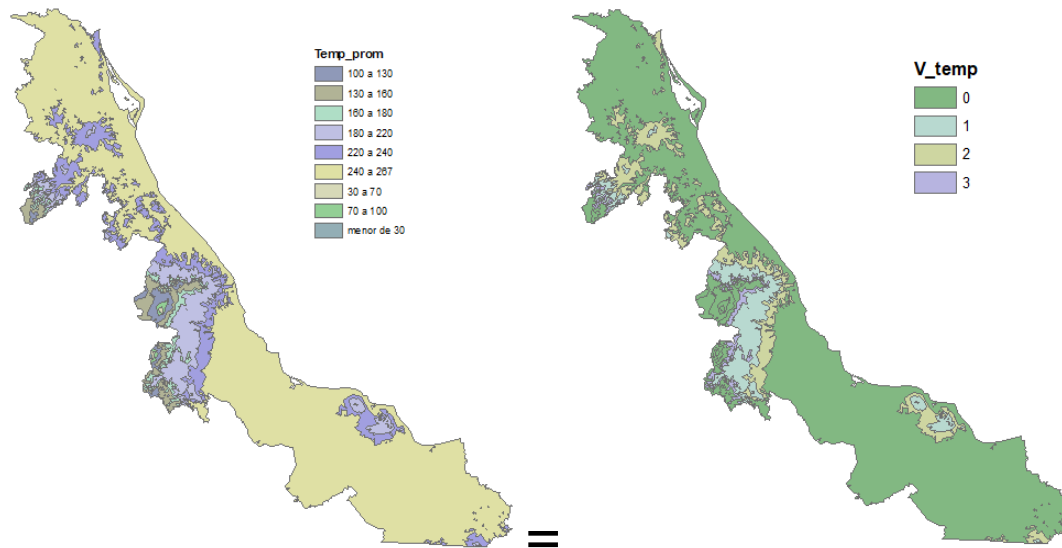


Figura 5. Ejemplo con la variable de temperatura y su clasificación de acuerdo a los requerimientos ambientales obtenida con el software Qgis 2.18. Imagen izquierda muestra la temperatura promedio en rangos (Temp_prom), imagen derecha muestra la clasificación (V_temp) donde “1” son óptimos, “2” máximos, “3” mínimos y “0” no aptos.

Posteriormente se efectuó la intersección de las variables temperatura media anual, temperatura mínima del mes más frío, temperatura máxima del mes más cálido, precipitación media anual, precipitación máxima del mes más húmedo, precipitación mínima del mes más seco, exposición, edafología y altitud ya clasificadas (Figura 6). La tabla de atributos con los valores promedio de la intersección general identifica las zonas clasificadas, donde 1 a 1.5 fue altamente potencial, 1.5 a 2.5 moderadamente

potencial, 2.5 a 3 poco potenciales y fuera de estos valores promedio se consideran zonas no potenciales. Es así que se obtiene el mapa de distribución potencial de *P. chiapensis* para el estado de Veracruz, México.

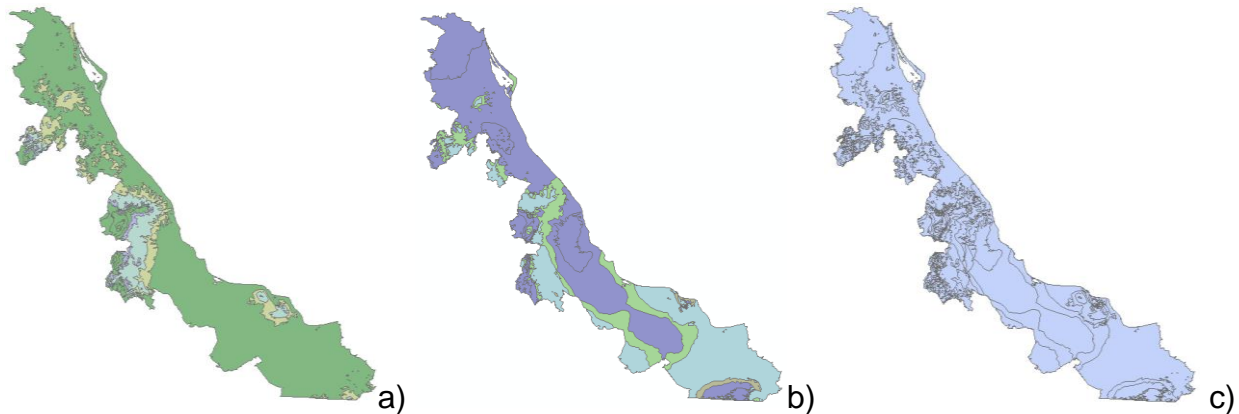


Figura 6. Ejemplo de intersección entre dos variables con el software Qgis 2.18 para el estado de Veracruz donde a) temperatura promedio anual, b) precipitación anual y c) intersección

Un muestreo sistemático estratificado por conglomerados se empleó para validar la zonificación ecológica y para obtener la información sobre la composición y estructura de los bosques donde se localiza *P. chiapensis*, este tipo de muestreo es un componente de la metodología del Inventario Nacional Forestal y de Suelo (Conafor, 2011). El muestreo consistió en tender una red de puntos de manera sistemática a una distancia de 5 km (Figura 7), dichos puntos representan una unidad de muestreo primaria (UMP) o conglomerado en donde se ubicaron cuatro unidades de muestreo secundario (UMS) tipo “Y invertida” (Figura 8).

La UMP se sobrepuso al mapa de distribución potencial de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz y se consideraron únicamente los puntos de intersección con los polígonos altamente y moderadamente potencial ya que garantizan la presencia de *P. chiapensis* bajo condiciones de crecimiento óptimo (Tabla 2).

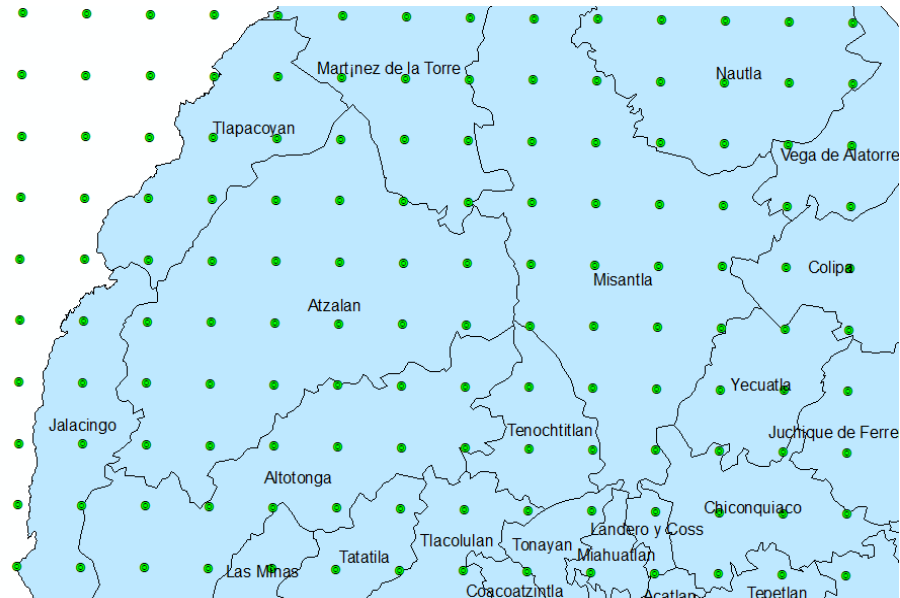


Figura 7. Red de unidades de muestreo primaria (UMP) representada por puntos verdes, que ilustran el muestreo sistemático aplicado en el área de distribución natural de *P. chiapensis*.

La definición del mapa de distribución natural o potencial se obtuvo en función de la presencia de *P. chiapensis* en cada UMS, en aquellas donde no existió se consideraron como distribución potencial y donde estuvo presente como distribución natural. Durante el traslado a las UMS se georreferenciaron los lugares donde existe la presencia de *P. chiapensis*, con la finalidad de fortalecer la delimitación del área de distribución natural. Para ello se consideró que como mínimo existieran tres árboles, ya que estos pueden garantizar la persistencia de la especie. Los registros no son excluyentes, ya que se pudo observar bosques con pino en lugares de difícil acceso o bien en zonas fuera de la ruta que no fueron referenciadas pero se consideró la localización mediante la dirección y la orografía en un mapa cartográfico previamente elaborado.

Tabla 2 Ubicación geográfica y principales características de las unidades de muestreo primarias (UMP), determinadas por la red de puntos dentro de la zona potencial de *P. chiapensis*.

UMP	Latitud	Longitud	Altitud (m)
569	19,9436	-97,2131	511
573	19,9438	-97,0138	639
600	19,8940	-97,2611	889
601	19,8926	-97,2138	651
603	19,8937	-97,1133	772
605	19,8937	-97,0131	788
606	19,8934	-96,9640	553
607	19,8937	-96,9131	520
632	19,8435	-97,2614	1362
634	19,8439	-97,1643	948
635	19,8446	-97,1137	914
636	19,8401	-97,0616	1123
637	19,8440	-97,0132	945
638	19,8438	-96,9631	719
639	19,8436	-96,9132	912
666	19,7935	-97,1623	849
667	19,7929	-97,1130	774
699	19,7437	-97,1132	819

El análisis multivariado HJ Biplot (Galindo, 1986) se ha empleado como una herramienta para representar con calidad tanto individuos como variables en un mismo plano permitiendo contar con una interpretación geométrica de la proximidad de los puntos, proyección de vectores y ángulos formados entre variables (Nieto *et al.*, 2014; Cuadras, 2014). En la presente investigación este análisis se usó para representar las UMP y las variables ambientales usadas en la zonificación ecológica, considerando los diferentes grados de potencialidad usados en la zonificación. Para ello se ingresaron las variables ambientales de temperatura promedio anual, temperatura del mes más frío, temperatura del mes más cálido, precipitación anual, precipitación del mes más seco, precipitación del mes más húmedo, exposición solar y altitud, de 212 sitios obtenidos de la red de puntos, donde se consideró la presencia de *P. chiapensis* y el grado de potencialidad de acuerdo a la modelación en los sistemas de información geográfica. Por lo tanto, se asignó en el gráfico el valor de “c” a los sitios donde se encontró la

presencia de *P. chiapensis*, “b” a los sitios altamente y moderadamente potencial y “+A” a los sitios no aptos.

En el gráfico cada punto representa un sitio y los vectores a las variables ambientales, los ángulos entre vectores indican si existe o no correlación entre las variables, siendo correlación positiva cuando los ángulos son estrechos, los ángulos de 180° indican correlación negativa y los de 90° independencia entre dos variables. La longitud del vector representa la variación que puede existir en una variable, entre más largo mayor es su desviación estándar. En el gráfico el eje horizontal (eje 1) es el que aporta más información (Nieto, *et al.*, 2014). Para efectuar el análisis HJ Biplot se empleó el software estadístico Multivariate Analysis Using Biplot, (Vicente-Villardón, 2014).

5.3 Metodología para describir los principales factores ecológicos que regulan la presencia de *P. chiapensis*

Para describir los principales factores ecológicos que caracterizan las zonas donde se encuentra distribuido *P. chiapensis*, se consideraron los puntos del muestreo sistemático estratificado por conglomerados en el cual está presente el pino y aplicando la metodología para la validación de la zonificación ecológica se establecieron las unidades de muestreo primaria (UMP). La UMP se estableció al localizar la coordenada predicha por la red de puntos en el campo, consiste en una parcela circular de 56.42 metros de radio, de la cual se consideran cuatro unidades de muestreo secundarias (UMS) distribuidos en forma de “Y invertida”, la UMS 1 corresponde al centro del conglomerado y las UMS 2, 3 y 4 a la periferia, dando un total de 32 unidades de muestreo secundarias, con un superficie de 400 metros cuadrados cada una (Figura 8).

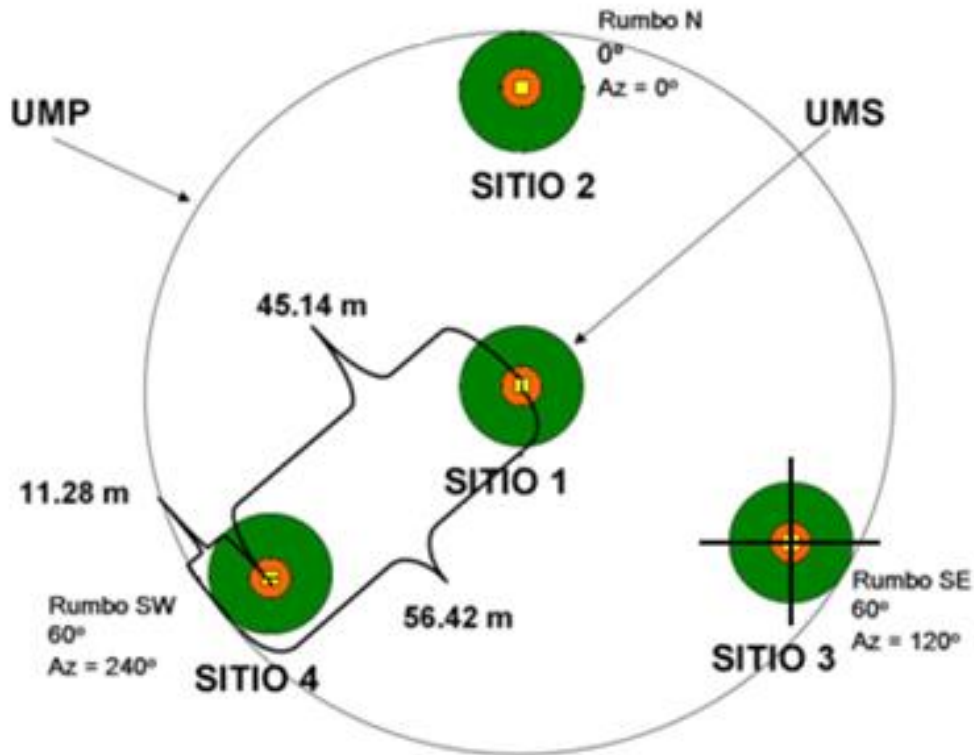


Figura 8. Representación gráfica de un conglomerado o unidad de muestreo primaria (UMP) en forma de “Y” invertida, donde los círculos verdes representan las unidades de muestreo secundario (UMS) con una superficie de 400 m² usadas para medir las variables antes descritas, los círculos naranja son de 12.56 m² usados para medir la regeneración y Az corresponde al azimut.

En el centro de cada UMP se midieron 11.3 m al norte, para establecer la primer UMS y se caminó en sentido de las manecillas del reloj para trazar un círculo dentro del cual se midieron las variables: Uso de suelo, altitud, exposición, pendiente y gradiente altitudinal. Posteriormente se realizó el mismo procedimiento para los siguientes tres sitios, los cuales se tomaron a una distancia de 45.14 metros de centro a centro, el segundo con rumbo norte, azimut de 0°, el tercero rumbo Sureste, azimut 120° y el cuarto rumbo Suroeste, azimut 140° (Figura 8). En el caso de un terreno con pendiente se ocupó una cuerda compensada para respetar la distancia determinada por el método.

En cada UMS donde estuvo presente *P. chiapensis*, se tomó la coordenada geográfica y con la información cartográfica obtenida de INEGI, el proyecto Worldclim y el software Qgis 2.18 se obtuvo la información correspondiente a las variables de temperatura, edafología y precipitación. Con respecto a las variables de exposición solar, pendiente, altitud, uso de suelo y vegetación fueron recabadas directamente en la UMS.

5.4 Método para describir la composición y estructura arbórea en bosques con presencia de *P. chiapensis*

La composición y estructura arbórea se determinó considerando aquellas UMP en donde se presentó *P. chiapensis*. Para definir la composición arbórea que está asociada al pino, se registraron las especies con un diámetro normal superior a 7.5 cm presentes en cada UMS y se contabilizó el número de individuos por especie.

La estructura arbórea se definió al considerar las características dendrométricas, regeneración natural, densidad de árboles, dominancia, diversidad, similitud entre usos de suelo y valor de importancia ecológica. Para evaluar la dasometría en cada árbol se midió el diámetro altura pecho (DAP) con una cinta diamétrica, se calculó su área basal ($g = \pi(DAP/2)^2$) y la altura total se estimó usando un clinómetro suunto con una distancia conocida aplicando la fórmula (1). Únicamente para *P. chiapensis* se consideró la altura del fuste limpio y el diámetro de copa (promedio de dos mediciones en forma de cruz).

$$\text{Altura total} = (\text{tang ang } \alpha + \text{tang ang } \beta) * \text{distancia} \quad (1)$$

La regeneración natural de *P. chiapensis* se consideró conforme a la metodología del inventario nacional forestal y de suelos, la cual determina la densidad de plántulas menores a 25 centímetros de altura en una superficie de 12.56 m² en el centro de cada UMS, en el caso de no encontrar regeneración se amplió la búsqueda a los 400 m².



Figura 9. Toma de datos e inventario forestal en la localidad de Tazolapa, Atzalán. Imagen izquierda levantamiento de UMS, imagen derecha medición de altura con clinómetro suunto.

La densidad arbórea se estimó al contar las especies presentes en las UMS donde se distribuye *P. chiapensis*. Así mismo, la dominancia se calculó con el índice de Simpson ($D = \sum [n_1(n_1 - 1) / N(N - 1)]$), donde n_1 = número de individuos en la i -ésima especie, N = número total de individuos) y la diversidad ($1 - D$). Un análisis de varianza de una vía se empleó para comparar la altura total, altura de fuste limpio, DAP, diámetro de copa, diversidad y dominancia en los diferentes usos de suelo, seguido de una ordenación de medias por el método de Tukey. También se realizó un análisis de varianza pero no paramétrico Kruskal-Wallis del número de especies registradas en las unidades de muestreo secundarias para determinar si existen diferencias significativas en los valores de cada uso de suelo.

La similitud de los usos de suelo se estimó con el índice de Jaccard ($IJ = [C / (A + B - C)] * 100$, donde A = número de especies encontradas en la comunidad A, B = número de especies encontradas en la comunidad B y C = número de especies comunes en ambas comunidades) (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Tanto el índice de Simpson como el de Jaccard fueron estimados con el software estadístico Past versión 3.18 (Hammer, *et al.* 2001).

El índice de valor de importancia ecológica se estimó tomando en cuenta las UMS con presencia del pino y de acuerdo al uso de suelo, aplicando el método que planteó Mostacedo y Fredericksen (2000), considerando el área basal para dominancia ($IVI = [\text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa} + \text{dominancia relativa}] / 3$).

6. Resultados

6.1 Distribución potencial de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz

Se obtuvieron los rangos óptimos, los límites superiores y límites inferiores de los requerimientos ambientales de *P. chiapensis* para el estado de Veracruz (Tabla 3), considerando la información referida por Perry (1991), Farjon (2005), Domínguez (1986), la georreferenciación en campo donde se distribuye el pino y el uso de los sistemas de información geográfica. Lo cual nos permitió generar un mapa por medio de la zonificación ecológica, donde se clasificó en el estado de Veracruz las superficies que cumplen o no con las condiciones ambientales.

Tabla 3: Rango de requerimientos ambientales usado para la zonificación ecológica de *P. chiapensis*.

Requerimientos ambientales (Variables)	Zona altamente potencial (óptimos)	Zona moderadamente potencial (rangos óptimos a máximos)	Zona poco potencial (Rangos óptimos a mínimos)
Temperatura promedio anual	18 a 22° C	22 a 24°C	16 a 18° C
Temperatura máxima del mes más cálido	26.8 a 31.2° C	31.2 a 34° C	24.8 a 26.8° C
Temperatura mínima del mes más frío	6 a 10° C	10 a 12° C	4 a 6° C
Precipitación anual	1800 a 3250 mm	3250 a 3500 mm	1500 a 1800 mm
Precipitación del mes más húmedo	357 a 576 mm	576 a 633 mm	300 a 357 mm
Precipitación del mes más seco	60 a 104 mm	104 a 110 mm	50 a 60 mm 1700 a 1900
Altitud	500 a 1700 msnm	400 a 500 msnm	msnm
Edafología	Luvisol, Andosol	Luvisol, Andosol	Luvisol - Cambisol
Tipo de vegetación	Zona de transición entre bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria de selva alta perennifolia	Bosque mesófilo de montaña	Vegetación secundaria de selva alta perennifolia

El mapa resultante permitió diferenciar las superficies de acuerdo a su grado de potencialidad la cual puede ser alta, moderada, poca o nula. Únicamente las superficies con potencialidad alta (410 Km²) y moderada (148 Km²) pueden garantizar el crecimiento óptimo de la especie, por lo cual estas áreas fueron consideradas como distribución potencial de *P. chiapensis* para el estado de Veracruz. Comprende los municipios de Jalacingo, Altotonga, Atzalan, Tenochtitlán, Tatatila y Las Minas; con una superficie total de 558 Km² (Figura 10).

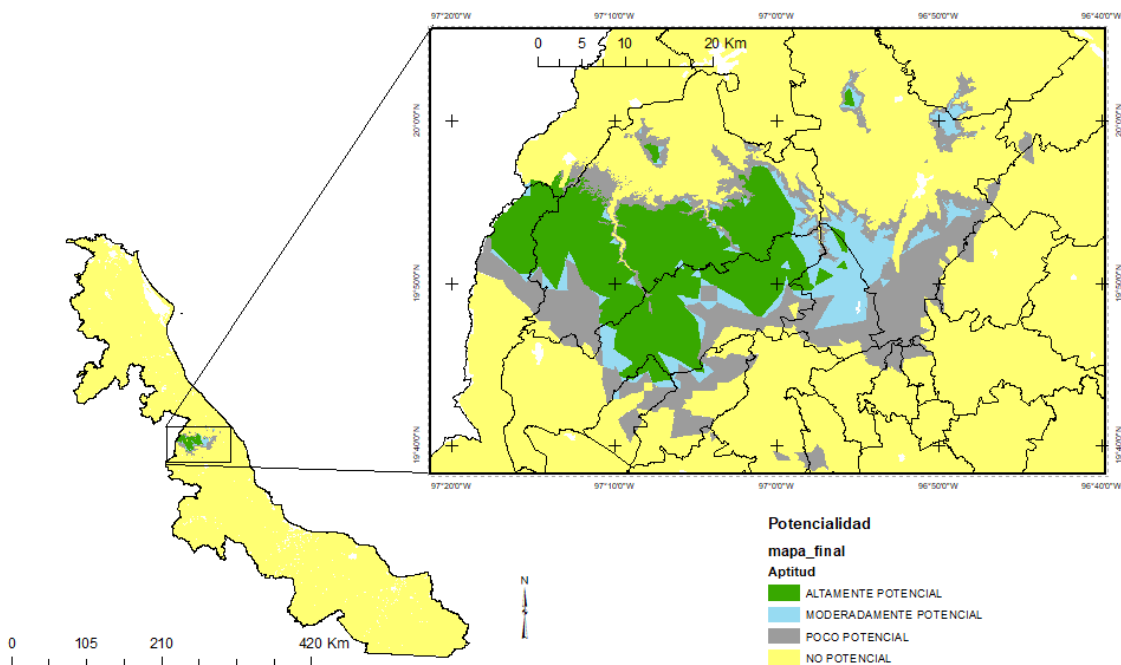
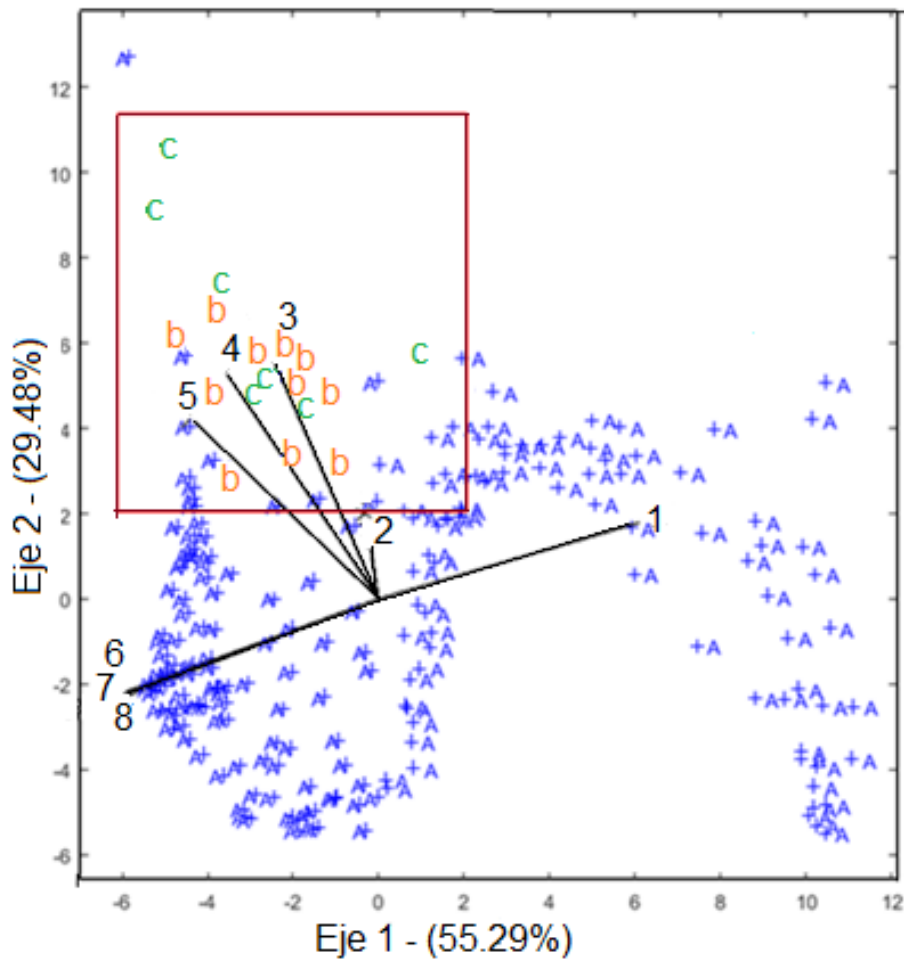


Figura 10. Distribución potencial de *P. chiapensis* para el estado de Veracruz, obtenida con el software Qgis 2.18. El color verde ilustra la zona altamente potencial, el color azul moderadamente potencial, el color gris poco potencial y el amarillo no potencial.

El análisis multivariado HJ Biplot, se alimentó con 7 sitios con presencia de *P. chiapensis*, 11 sitios moderada y altamente potenciales donde no está presente el pino y 194 sitios no potenciales y que presentan diferentes combinaciones de las variables ambientales consideradas. Se obtuvo la gráfica (1) donde se observa que los sitios potenciales o con distribución natural se encuentran en los lugares donde hay una mayor disponibilidad de agua, y estos están asociados a la exposición solar de acuerdo al ángulo de los vectores.

En la gráfica se puede observar la proximidad entre los sitios potenciales con respecto a los sitios donde se distribuye la especie, lo que indica la similitud entre sitios a diferencia de los que se encuentran fuera del rectángulo rojo los cuales son catalogados como predios no aptos.



Gráfica 1. Dispersión de sitios en función de las variables ambientales, considerando altitud (1), exposición solar (2), precipitación mínima del mes más seco (3), precipitación media anual (4), precipitación máxima del mes más húmedo (5), temperatura máxima del mes más cálido (6), temperatura mínima del mes más frío (7) y temperatura media anual (8). Y donde: +A) sitios no potenciales, b) moderada y altamente potencia y C) Sitios con presencia de *P. chiapensis*.

6.2 Distribución de bosques con *P. chiapensis* en el estado de Veracruz

La distribución natural de los bosques con *P. chiapensis* en el Estado de Veracruz corresponde a 245 km² (Figura 11), siendo los límites latitudinales 19° 56' 09.91'' y 19° 43' 58.37'' y longitudinales -97° 17' 31.52'' y -97° 04' 00.39'', abarcando seis municipios en donde ocupa las áreas de la siguiente forma: Atzalán (117 km²), Altotonga (80km²), Jalacingo (38km²), Las Minas (6km²), Tlapacoyan (2km²) y Tatatila (2km²).

Tabla 4. Ubicación geográfica y principales características de los lugares donde se establecieron las unidades de muestreo primarias (UMP), y donde se distribuye de forma natural *P. chiapensis*. PA= Precipitación anual, TA= Temperatura anual. Mec=Mecacalco, Mpio. Altotonga Veracruz

Sitio	Latitud	Longitud	Uso suelo	Altitud (m)	Exposición (grados)	Pendiente (°)	PA (mm)	TA (°C)
600	19,8940	-97,2611	Agricultura	889	106	11	3110	20
601	19,8926	-97,2138	Ganadería	651	312	24	2946	20
632	19,8435	-97,2614	Acahual	1362	22	12	2173	18
634	19,8439	-97,1643	Ganadería	948	94	20	2501	20
666	19,7935	-97,1623	Agricultura	849	327	21	2368	19
667	19,7929	-97,1130	Agricultura	774	48	12	2253	20
699	19,7437	-97,1132	Bosque	819	221	29	2076	19
Mec				840				
1	19,7763	-97,0994	Bosque		300	12	2200	20
Mec								
2	19,9492	-97,2242	Bosque	860	310	15	2200	20

El área donde están presentes los bosques con *P. chiapensis* mantiene un rango de altitud constante de 350 a 1700 msnm, en las faldas de la elevación montañosa “Cofre de Perote”, con suelos arenosos profundos, *P. chiapensis* se ubica en el lugar donde concluye el bosque mesófilo de montaña y comienza la selva perennifolia.

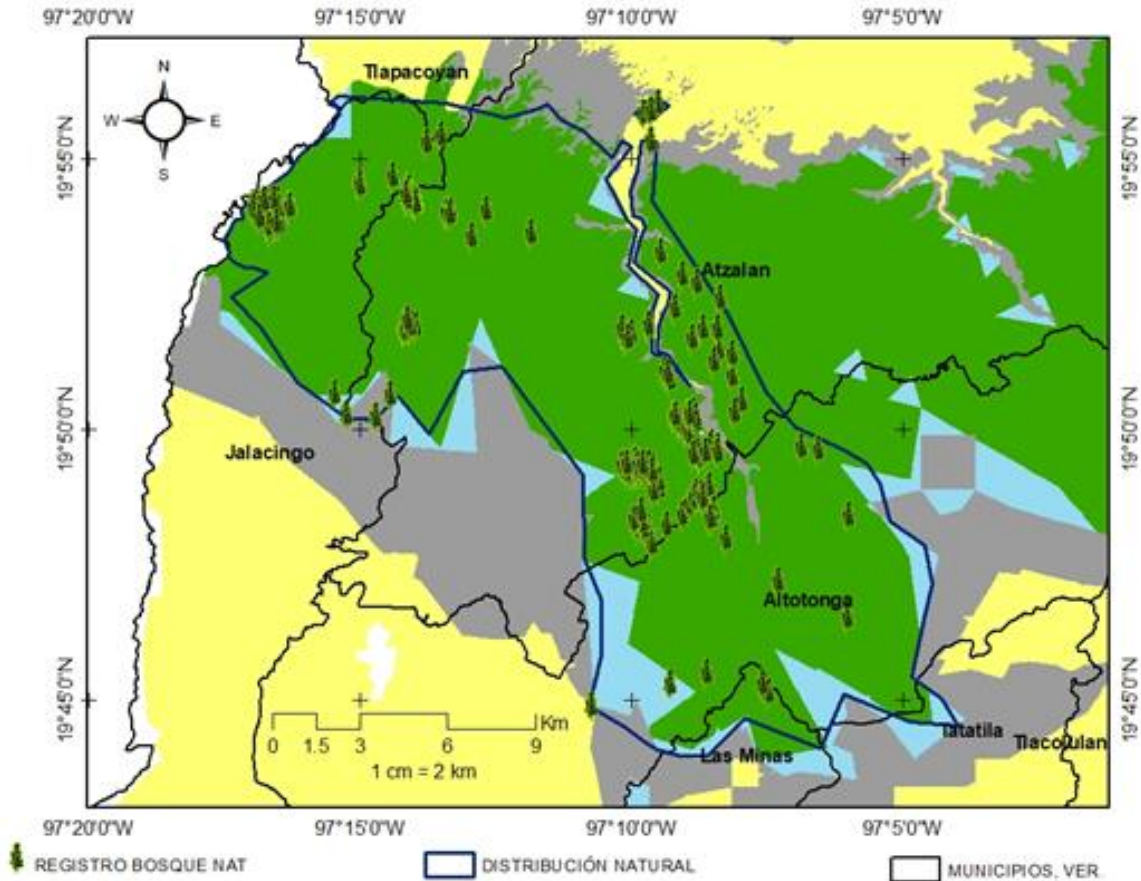


Figura 11. Distribución natural de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz, delimitado por el contorno del polígono azul, corroborado en campo a través de las UMP y registros durante los recorridos.

Dentro del área de distribución natural de los bosques donde se encuentra *P. chiapensis* se observó que la zona que presenta pinos con mayores variaciones de diámetros y alturas de acuerdo a los inventarios realizados se encuentra entre los límites de los municipios de Atzalan y Altotonga (Figura 12), encontrando pinos con las mejores características dendrométricas y sitios aislados con regeneración natural.

Fuera de esa región las poblaciones de *P. chiapensis* que se observan son similares en alturas y diámetros, aparentando masas coetáneas, con un alto grado de tala clandestina de árboles con características superiores, según el diámetros de tocones medidos los cuales son superiores a 60 centímetros

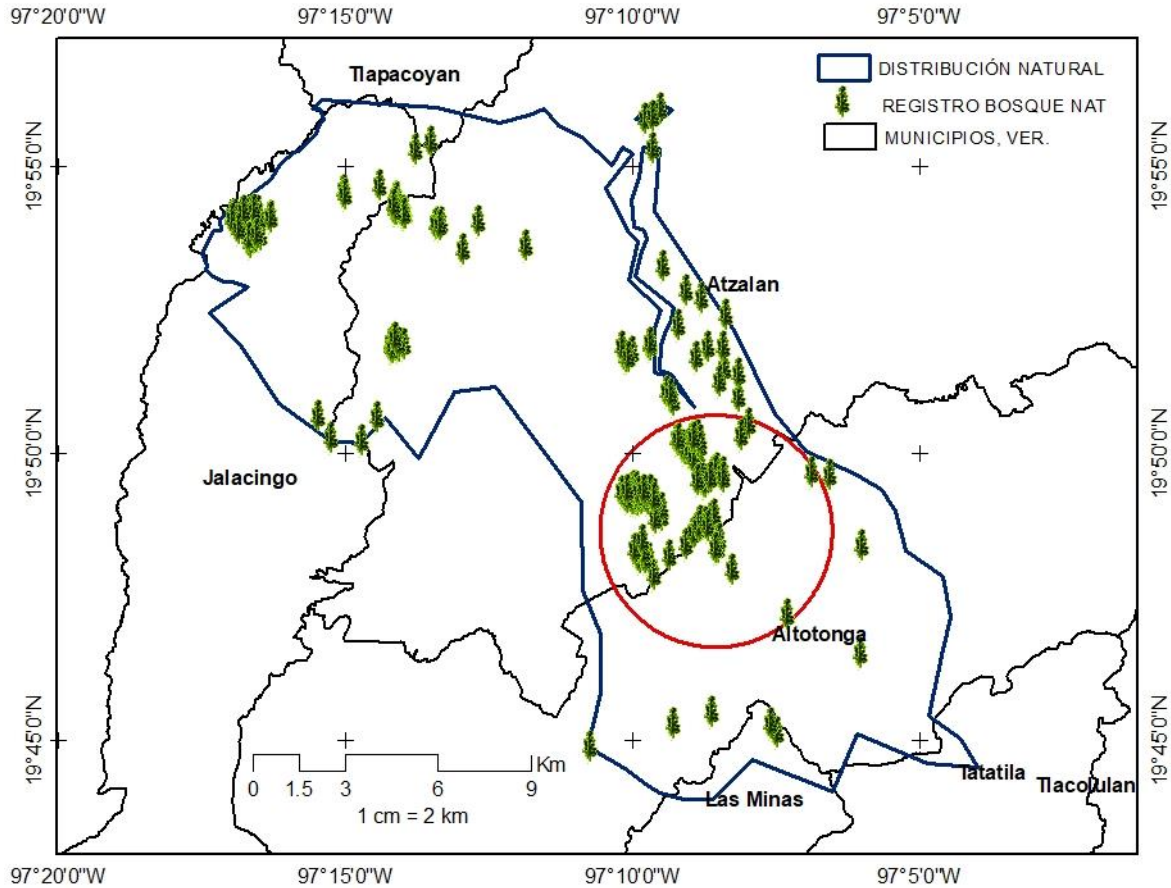


Figura 12. Área de distribución de *P. chiapensis* donde se observó el pino con las mayores variaciones de diámetros y alturas, además de las mejores características dendrométricas de acuerdo a los inventarios realizados (Círculo rojo).

6.3 Principales factores ecológicos presentes en los bosques con *P. chiapensis*.

En Veracruz *P. chiapensis* se encuentra en zonas que presentan temperaturas mínimas mayores a 6° C, temperatura promedio anual de 16 a 24° C, precipitación entre 1500 a 3500 milímetros anuales y suelos profundos con textura arenosa. Este pino presenta mayores incidencias en las exposiciones Norte, Noreste y Este, sin tener influencia la topografía sobre su establecimiento. Se presenta en un rango de altitud de 360 a 1800 msnm, siendo más común de 400 a 1600.

Tabla 5. Cuadro de requerimientos ambientales de *P. chiapensis* para el estado de Veracruz.

Variables ambientales	Rangos óptimos	Rangos máximos	Rangos mínimos
Temperatura promedio anual	18 a 22° C	22 a 24°C	16 a 18° C
Temperatura máxima del mes más cálido	26.8 a 31.2° C	31.2 a 34° C	24.8 a 26.8° C
Temperatura mínima del mes más frío	6 a 10° C	10 a 12° C	4 a 6° C
Precipitación promedio anual	1800 a 3250 mm	3250 a 3500 mm	1500 a 1800 mm
Precipitación del mes más húmedo	357 a 576 mm	576 a 633 mm	300 a 357 mm
Precipitación del mes más seco	60 a 104 mm	104 a 110 mm	50 a 60 mm
Altitud	500 a 1700 msnm	1700 a 1760 msnm	360 a 500 msnm
Edafología	Luvisol, Andosol	Luvisol, Andosol	Luvisol - Cambisol
Tipo de vegetación	Zona de transición entre Bosque Mesófilo de Montaña y Vegetación secundaria de Selva Alta Perennifolia	Bosque Mesófilo de Montaña	Vegetación Secundaria de Selva Alta Perennifolia
Exposición	N, NE, E	NO	SE
Pendiente	Indistinto	Indistinto	Indistinto

P. chiapensis puede mostrar cierta flexibilidad ya que fue posible encontrar cuatro individuos de aproximadamente tres años de edad, los cuales fueron plantados en el municipio de Misantla (Latitud 19.91613; Longitud -96.922246), a 360 metros sobre el nivel del mar, con una exposición directa al sol (sin cobertura forestal) y una temperatura media anual superior a los límites máximos tolerados, menor precipitación y suelos pedregosos. Sin embargo, debido a su corta edad es necesario dar seguimiento a dichas plantas para definir si es posible su adaptación en esas condiciones.

La vegetación con la cual interactúa *P. chiapensis* es la correspondiente a la zona de transición entre el bosque mesófilo de montaña y selva mediana subperennifolia. Y del total de la superficie donde se distribuyen los bosques donde habita este pino el 20% se usa para actividades ganaderas y el 46% a las actividades agrícolas. En los predios ganaderos de 15 hectáreas se encuentran bosquetes con *P. chiapensis* menores a dos hectáreas con nula regeneración natural y en los predios agrícolas la distribución del pino es encontrado de forma irregular con no más de 20 árboles por hectárea y en algunas ocasiones en grupos de tres a seis árboles principalmente en cultivos de café y plátano. En la Figura 13 se muestran los diferentes usos de suelo y cómo se asocian con el área de distribución natural de *P. chiapensis* en el estado de Veracruz.

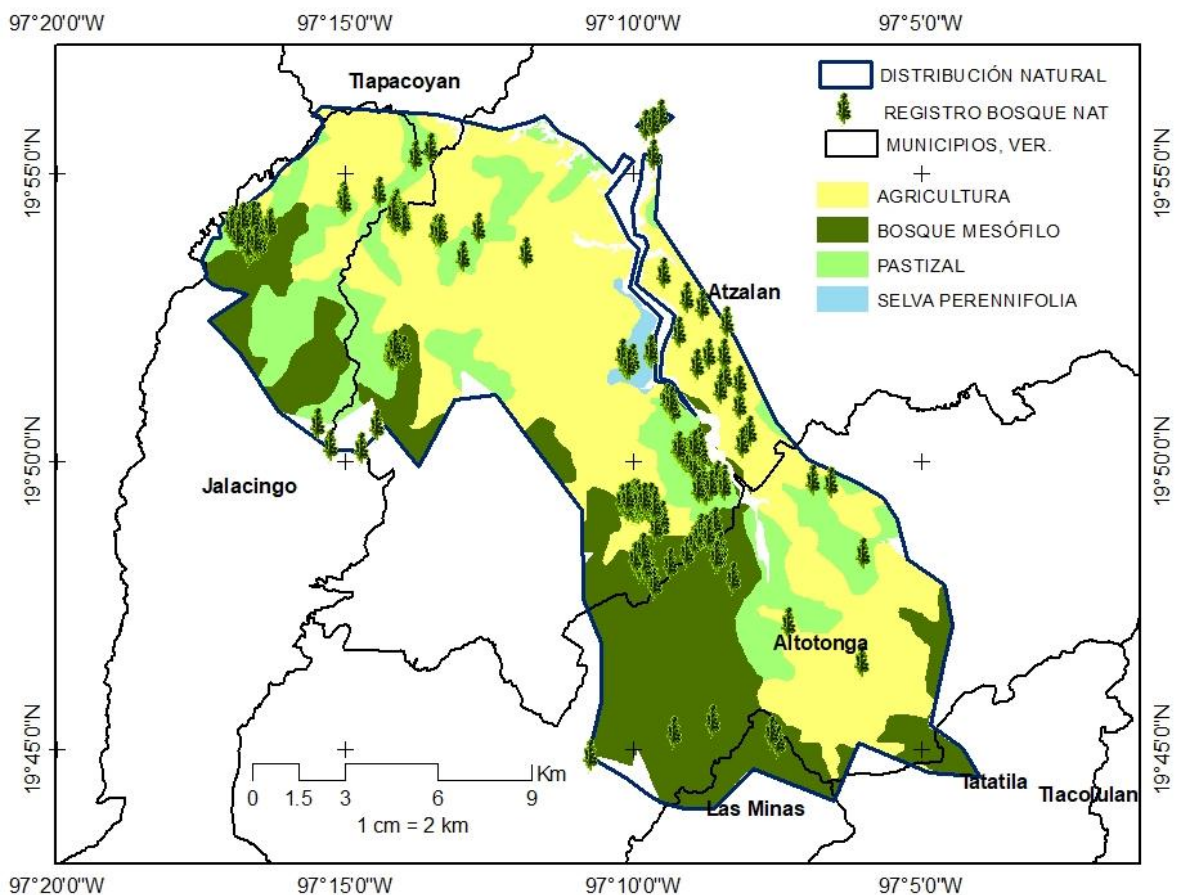


Figura 13. Uso de suelo en la zona centro del estado de Veracruz donde se distribuyen los bosques con *P. chiapensis*. Fuente: Uso de suelo y vegetación, serie VI, INEGI, 2016.

6.4 Composición y estructura arbórea de acahuales, zonas agrícolas, ganaderas y bosques.

Se identificaron 336 árboles con diámetros superiores a 7.5 cm los cuales corresponden a 47 especies, siendo de mayor frecuencia *Heliocarpus appendiculatus*, *Turpinia insignis*, *Pinus chiapensis* y *Saurauia leucocarpa*. También se encontraron especies cultivadas como *Citrus cinensis*, *Psidium sp* y especies invasoras no nativas como *Melia azedarach* (Tabla 6).

Tabla 6. Composición y frecuencia de las especies arbóreas presentes en el total de unidades de muestreo en los diferentes usos de suelo donde se distribuye *P. chiapensis* en el estado de Veracruz.

Especie	Agrícola	Ganadero	Bosque	Acahual
<i>Acalypha sp</i>	4	0	15	0
<i>Alchornea latifolia</i>	1	0	13	0
<i>Alnus acuminata</i>	0	0	0	6
<i>Especie 1*</i>	0	2	0	0
<i>Aphananthe monoica</i>	0	6	0	0
<i>Beilschmiedia anay</i>	0	0	2	0
<i>Bravaisia integerrina</i>	1	0	0	0
<i>Bursera simaruba</i>	1	0	0	0
<i>Carpinus caroliniana</i>	0	0	2	0
<i>Casimiroa edulis</i>	0	1	0	0
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	9	2	0
<i>Cedrella odorata</i>	0	4	0	0
<i>Citrus sinensis</i>	1	2	0	0
<i>Clethra mexicana</i>	0	1	1	2
<i>Croton draco</i>	6	2	2	4
<i>Cyathea mexicana</i>	11	1	0	0
<i>Drimys granadensis</i>	4	0	0	0
<i>Erythrina americana</i>	0	0	0	1
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	15	2	1	0
<i>Inga edulis</i>	2	0	0	0
<i>Inga jinicuil</i>	0	11	0	0
<i>Koanophyllon albicaulis</i>	0	0	0	2
<i>Liquidambar styraciflua</i>	5	4	0	4

Continuación...

Especie	Agrícola	Ganadero	Bosque	Achual
<i>Melia azedarach</i>	1	3	0	0
<i>Miconia trinervia</i>	3	0	0	0
<i>Morella cerifera</i>	0	0	0	6
Especie 2*	3	0	2	0
Especie 3*	1	0	0	0
<i>Oecopetalum mexicanum</i>	0	0	3	0
<i>Persea schiedeana</i>	1	0	0	0
<i>Pinus chiapensis</i>	12	20	16	10
<i>Pinus maximinoi</i>	0	0	0	2
<i>Pinus montezumae</i>	0	0	1	0
<i>Platanus mexicana</i>	10	0	0	0
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>	1	0	0	0
<i>Psidium sp</i>	0	0	1	0
<i>Quercus sp</i>	0	4	7	0
<i>Rapanea myricoides</i>	2	0	5	0
<i>Sambucus nigra</i>	0	0	1	0
<i>Saurauia leucocarpa</i>	12	1	0	2
<i>Tabebuia rosea</i>	0	0	3	0
<i>Tapirira guianensis</i>	0	0	1	0
<i>Trema micrantha</i>	7	0	0	0
<i>Trichilia havanensis</i>	0	1	0	0
<i>Turpinia insignis</i>	14	6	0	0
<i>Ulmus mexicana</i>	2	0	5	0
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	0	0	11	0
Total	123	80	94	39

* Especies de árboles no identificados

En cuanto a la estructura de la vegetación arbórea, se encontró que las alturas de las especies que están presentes en los diferentes usos de suelo, en su mayoría no exceden los 20 metros (Tablas 7, 8 y 9), con excepción de algunas especies arbóreas en bosques donde se encuentra *Pinus chiapensis*, las cuales pueden llegar hasta los 30 metros, como lo es *P. montezumae*, *Tabebuia rosea* y *Acalypha sp.* (Tabla 10).

Tabla 7. Frecuencia de especies arbóreas presentes en zonas ganaderas clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros.

Especie	Altura (m)									
	05 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 25	25 a 30	30 a 35	35 a 40	40 a 45	45 a 50	
<i>Aphananthe monoica</i>	1									
<i>Especie 1</i>		2								
<i>Cedrella odorata</i>	3	1								
<i>Inga jinicuil</i>	4	7								
<i>Turpinia insignis</i>	6									
<i>Trichilia havanensis</i>		1								
<i>Quercus sp</i>	1	2	1							
<i>Cyathea mexicana</i>	1									
<i>Cecropia obtusifolia</i>	7	1	1							
<i>Saurauia leucocarpa</i>	1									
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	2									
<i>Liquidambar styraciflua</i>		3	1							
<i>Clethra mexicana</i>		1								
<i>Citrus sinensis</i>	2									
<i>Pinus chiapensis</i>	2	4	2	3	3	1				1
<i>Acalypha sp</i>	1									
<i>Melia azedarach</i>	1	1	1							
<i>Croton draco</i>	2									
<i>Aphananthe monoica</i>	2	3								
<i>Casimiroa edulis</i>	1									

Tabla 8. Frecuencia de especies arbóreas presentes en zonas de acahual con un periodo de abandono de siete años, clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros

Especie	Altura (m)		
	05 a 10	10 a 15	15 a 20
<i>Erythrina americana</i>	1		
<i>Alnus acuminata</i>	4		2
<i>Saurauia leucocarpa</i>	6		
<i>Clethra mexicana</i>	2		
<i>Morella cerífera</i>	6		
<i>Pinus chiapensis</i>	10		
<i>Pinus maximinoi</i>	2		
<i>Croton draco</i>	2	1	1
<i>Koanophyllon albicaulis</i>	2		

Tabla 9. Frecuencia de especies arbóreas presentes en zonas agrícolas clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros.

Especie	Altura (m)				
	<5	05 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 25
<i>Turpinia insignis</i>	2	8	4		
<i>Drimys granadensis</i>	2	1	1		
<i>Persea schiedeana</i>			1		
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>			1		
<i>Platanus mexicana</i>		8	2		
<i>Cyathea mexicana</i>	8	3			
<i>Cecropia obtusifolia</i>		1	2		
<i>Saurauia leucocarpa</i>		8	4		
<i>Alchornea latifolia</i>			1		
<i>Inga edulis</i>		2			
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	1	11	2	1	
<i>Liquidambar styraciflua</i>	4		1		
<i>Trema micrantha</i>	3	3		1	
<i>Citrus sinensis</i>		1			
<i>Miconia trinervia</i>		3			
<i>Ulmus mexicana</i>				2	
<i>Pinus chiapensis</i>		1	1	8	2
<i>Acalypha sp</i>		4			
<i>Bravaisia integerrina</i>		1			
<i>Bursera simaruba</i>		1			
<i>Melia azedarach</i>			1		
<i>Croton draco</i>		3	2	1	
<i>Sambucus nigra</i>		1			
Especie 2	2				
<i>Rapanea myricoides</i>		2		1	

Para el caso de *P. chiapensis* se registraron alturas desde los 5 hasta cerca de los cincuenta metros, con presencia en los tres diferentes usos de suelo y encontrando una mayor frecuencia de árboles con alturas de 5 a 10 metros en zonas de acahual (Tabla 8).

Tabla 10. Frecuencia de especies arbóreas presentes en bosque donde se distribuye *P. chiapensis* clasificadas en categorías de alturas con un intervalo de 5 metros.

Especie	Altura en metros								
	<05	05 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 25	25 a 30	30 a 35	35 a 40	40 a 45
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>		1							
Especie 2		1							
<i>Pinus chiapensis</i>	1	2	4	3		4	2	4	1
<i>Croton draco</i>		1		1					
<i>Sambucus nigra</i>				1					
Especie 3				1					
<i>Oecopetalum mexicanum</i>		1	2						
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>		5	5	1					
<i>Quercus sp</i>	1	4	1	1					
<i>Cecropia obtusifolia</i>		1		1					
<i>Alchornea latifolia</i>		2	2						
<i>Ulmus mexicana</i>	2	1	2						
<i>Acalypha sp.</i>		8	1						
<i>Pinus montezumae</i>						1			
<i>Tabebuia rosea</i>					1				
<i>Rapanea myricoides</i>			1	2					
<i>Beilschmiedia anay</i>			2						
<i>Tapirira guianensis</i>		1							
<i>Psidium sp</i>		1							
<i>Clethra mexicana</i>	1								
<i>Acalypha sp.</i>		3	2		2				
<i>Carpinus caroliniana</i>		1	1						
<i>Tabebuia rosea</i>			2						
<i>Rapanea myricoides</i>		1	1						

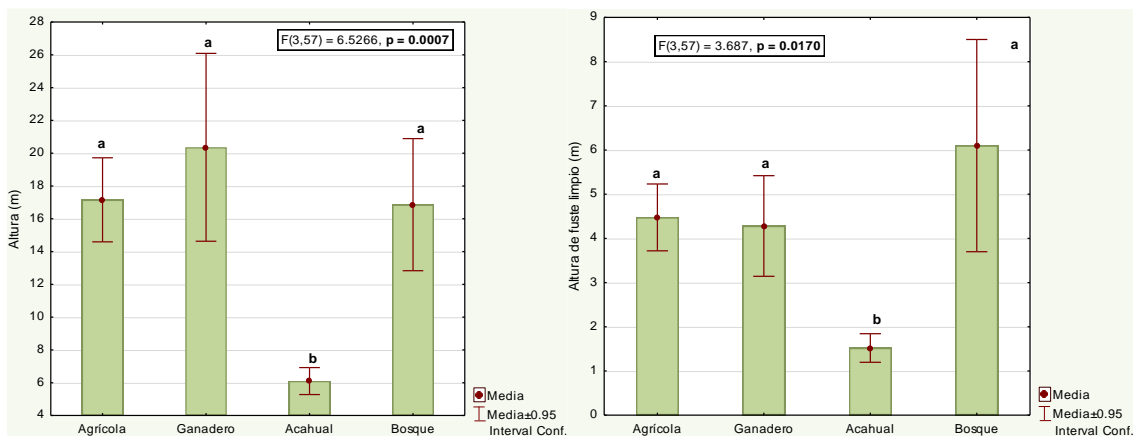
La especie que presentó mayores alturas y diámetros en los diferentes usos de suelo fue *P. chiapensis*, de tal forma que al considerar exclusivamente las características dendrométricas del pino y compararla entre sí en los diversos usos de suelo, se observaron diferencias importantes en el tamaño de los pinos en los suelos agrícola, ganadero y bosque natural (Figura 14).



Figura 14. Imágenes que ilustran la presencia de *P. chiapensis* en los diversos usos de suelo en el municipio de Atzalan, a) ganadería, b) agricultura y c) Bosque.

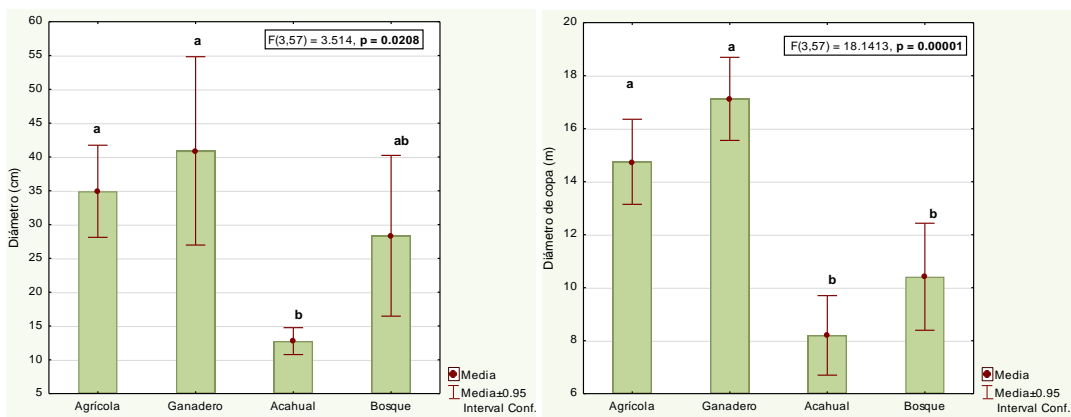
La altura total y del fuste limpio de los árboles de *P. chiapensis*, difieren significativamente entre los diferentes usos del suelo ($p=0.007$ y $p=0.017$ respectivamente). Se definió que en los acahuals existen las menores tallas en altura y fuste limpio y difieren significativamente de los pinos localizados en terrenos agrícolas, ganaderos y de bosque natural los cuales presentan tallas más altas (Gráfica 2). Esta diferencia en el tamaño de los árboles de pino en el acahual puede explicarse por la edad, ya que los acahuals tienen un periodo de abandono promedio de 7 años y los árboles de *P. chiapensis* se encuentran en un estado vardazcal (joven).

Los pinos más altos se registraron en los predios ganaderos, de acuerdo a todas las unidades de muestreo secundarias inventariadas, sin embargo, durante los recorridos se observaron árboles de mayores alturas (30-35 m) en el bosque natural, pero que no se consideraron por encontrarse fuera de los sitios de muestreo.



Gráfica 2. Comparación de altura total y altura del fuste limpio en *P. chiapensis*, considerando los usos de suelo (agrícola, ganadero, acahual y bosque natural).

En cuanto al diámetro normal, los pinos que se encontraron en las regiones ganaderas y agrícolas presentaron los mayores valores, siendo significativamente diferentes a los pinos presentes en los acahuales (Gráfica 3). Los pinos de los bosques naturales presentan diámetros similares a los pinos distribuidos en los diferentes usos de suelo, lo que permite inferir que son masas multietáneas. Con respecto a los diámetros de copas los predios agrícolas y ganaderos también presentaron mayor tamaño de copa, diferentes significativamente a los tamaños encontrados en los bosques y en los acahuales, diferencia que puede ser asumida a la luz o exposición a los vientos.



Gráfica 3. Comparación del diámetro (DAP) y diámetro de copa en *P. chiapensis*, considerando los usos de suelo (agrícola, ganadero, acahual y bosque natural).

La regeneración natural se estimó en 28 UMS pertenecientes al área de distribución natural, solo en la UMS 601-2 se encontraron dos plántulas con alturas de 10 y 15 centímetros respectivamente, dichas plántulas fueron localizadas en el límite de un bosque en un terreno de uso ganadero, cerca de la comunidad Jicotes en el municipio de Atzalan. Además, en un área cercana a este punto se observó un rodal con regeneración presentando una densidad de 4 plántulas por metro cuadrado y 20 centímetros de altura promedio en una superficie de 12 m².

Por lo anterior, se amplió la búsqueda de zonas con regeneración natural durante los recorridos efectuados para ubicar los puntos de muestreo, encontrando dos sitios con regeneración en el municipio de Altotonga, cerca de la población conocida como

Mecacalco. El primer sitio es un predio abandonado de 8,000 m² a un costado de la carretera de terracería con dirección El Pimiento a Mecacalco, en el cual se pueden apreciar tres diferentes condiciones orográficas dentro del mismo (Figura 15). El segundo sitio se ubica en la comunidad de Mecacalco en un área dedicada al cultivo de caña en una superficie de media hectárea, rodeada de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) (Figura 16).



Figura 15. Primer sitio de regeneración natural de *P. chiapensis* ubicado en el camino El Pimiento – Mecacalco, y con presencia de *Pteridium aquilinum*. Los números indican las condiciones que se describen para este sitio.

En una descripción más detallada del primer sitio con regeneración natural se observa que está rodeado por una cortina de *P. chiapensis*, y únicamente en las partes altas con dirección noroeste se observó la presencia de árboles con conos. En éste lugar se identifican tres condiciones diferentes, la primera es una superficie con una pendiente de 80 grados, con exposición sureste y un área aproximada de 4000 m², con una densidad de 8 plántulas menores a 25 cm por metro cuadrado, además se identificaron plantas de pino con alturas hasta 2.5 metros. La segunda condición contó con una densidad de 2 plántulas por metro en una superficie de 2500 m² y una pendiente de 70 grados, con una exposición noroeste y a una distancia de 30 metros de los árboles más cercanos. La tercera condición ocupa una superficie semiplana de 1500 m², con una pendiente menor a 5 grados y una exposición oeste, rodeada de *P. chiapensis* a una

distancia de 60 y 25 metros, en este sitio se registró una densidad de 18 plántulas por metro cuadrado. Cabe señalar que en las tres condiciones la regeneración se vio asociada con *Pteridium aquilinum* (L) Kuhn.



Figura 16. Segundo sitio de regeneración natural de *P. chiapensis* junto a un cultivo de caña de azúcar, en la localidad de Mecacalco Veracruz.

El segundo sitio se encuentra en la localidad de Mecacalco y corresponde a una superficie de media hectárea dedicada al cultivo de la caña de azúcar, rodeada de pasto forrajero estrella con una pendiente de 8 grados y una exposición oeste (Figura 16). Este predio se encuentra a 40 metros de una hilera de pinos, paralela a la distribución del cultivo, en ellos se pueden observar árboles con conos tanto del presente año como de años anteriores. Lo relevante es que sólo dentro del cultivo de caña se encontró una densidad poblacional de 3 plántulas por metro cuadrado, mismas que son removidas al realizarse las labores de mantenimiento del cultivo, por lo que los pinos no pueden establecerse y alcanzar edades juveniles o adultas.

Aunado a estos dos sitios se registró un predio ubicado a tres kilómetros de la comunidad San Antonio Ocotepéc, en el municipio de Altotonga. Dicho predio era dedicado a la ganadería y actualmente es un acahual en donde predomina *P.*

aquilinum. En él se encontraron plantas de pino en etapa de crecimiento vardazcal ya que cuentan con una altura de 1.5 a 4 metros y diámetros menores a 10 centímetros (Figura 17).



Figura 17. Regeneración de *P. chiapensis* en predios abandonados ubicados en las afueras de la comunidad San Antonio Ocoatepec, Altotonga, en los cuales se presenta *Pteridium aquilinum*.

Considerando la diversidad y dominancia en la estructura de las comunidades muestreadas no se encuentran diferencias significativas entre los usos de suelo ($P=0.798$) (Tabla 11). En los predios agrícolas, con bosque y acahual se presenta una mayor diversidad de especie en comparación con los suelos dedicados a la ganadería, por lo tanto, esta última cuenta con una mayor dominancia de especies.

Tabla 11. Análisis de varianza paramétrico para el índice de diversidad de Simpson (1-D), Dominancia (D) y no paramétrico para el número de especies (NE) registrados en unidades de muestreo secundario. F de Fisher, grados de libertad (gl)

Uso de suelo	ANOVA		
	Paramétrico F, gl = 27		No paramétrico Kruskal-Wallis (3,N=31)
	1-D	D	NE
Agrícola	0.66 ± 0.05	0.34 ± 0.05	17
Ganadero	0.50 ± 0.12	0.50 ± 0.12	13
Bosque	0.65 ± 0.09	0.35 ± 0.09	17
Acahual	0.66 ± 0.06	0.34 ± 0.06	15
	F=0.7978	F=0.7976	H=1.063523
	P=0.506	P=0.506	P=0.7859

El porcentaje de similitud para el estrato arbóreo dado por el índice de Jaccard definió que los diferentes usos de suelo en la región donde se distribuye *P. chiapensis* tiene un valor de similitud bajo. Las comunidades más parecidas son los predios agrícolas - ganaderos con un porcentaje de similitud de 30% a diferencia de los predios acahual - bosque que presentaron un índice de 11% (Tabla 11). Esto refleja que los diferentes usos de suelo presentan pocas especies en común

Tabla 12 Índice de similitud de Jaccard aplicado a la vegetación arbórea en predios con diferentes usos de suelo, elaborado con el software Past 3.18.

	Agrícola	Ganadero	Bosque	Acahual
Agrícola	100%	30%	25%	13%
Ganadero	30%	100%	19%	22%
Bosque	25%	19%	100%	11%
Acahual	13%	22%	11%	100%

P. chiapensis mostró tener un alto valor de importancia ecológica (IVI) en los diversos usos de suelo donde se distribuye, presentando los valores más altos en los bosques y en los predios ganaderos. En la tabla 13 se presentan las especies que abarcan el 60% del IVI en los diferentes usos de suelo, así como su densidad por hectárea. No obstante, en los predios agrícolas y ganaderos los resultados fueron obtenidos de relictos conservados, por lo tanto, no puede ser proyectado a la totalidad de la superficie

Tabla 13. Especies que representan el 60% del IVI en los diversos usos de suelo y la densidad por hectárea para cada especie.

Acahual		
Especie	IVI %	Densidad por hectárea
<i>Alnus acuminata</i>	22,22	50
<i>Pinus chiapensis</i>	18,82	83
<i>Croton draco</i>	12,49	33
<i>Morella cerífera</i>	11,15	50

Continuación

Agrícola		
Especie	IVI %	Densidad por hectárea
<i>Pinus chiapensis</i>	20,15	25
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	11,84	31
<i>Platanus mexicana</i>	10,88	21
<i>Saurauia leucocarpa</i>	8,38	25
<i>Turpinia insignis</i>	7,34	29
<i>Ulmus mexicana</i>	7,06	4

Bosque		
Especie	IVI (%)	Densidad por hectárea
<i>P. chiapensis</i>	36,33	88
<i>Bravaisia integerrina</i>	9,01	66
<i>Tabebuia rosea</i>	5,39	9
<i>Quercus spp</i>	5,11	22
<i>Spp2</i>	4,54	6
<i>Carpinus caroliniana</i>	4,32	6

Ganadero		
Especie	IVI %	Densidad por hectárea
<i>Pinus chiapensis</i>	32,17	63
<i>Inga jinicuil</i>	8,91	34
<i>Cecropia obtusifolia</i>	7,14	28
<i>Turpinia insignis</i>	5,81	19
<i>Aphananthe monoica</i>	5,51	19
<i>Croton draco</i>	4,77	6

7. Discusión

La zonificación ecológica determinó un área potencial para la distribución de *P. chiapensis* de 558 Km² en el estado de Veracruz dentro de la cual se distribuyen 245 Km² de bosques con presencia de este pino de forma natural. Ningún autor ha determinado la superficie de distribución, pero si han mencionado que se limita a los municipios de Tlapacoyan, Atzalan y Jalacingo (Perry, 1991; Narave y Taylor, 1997; Dvorak *et al*, 2000; Rzedowski, 2006; Rodríguez-Acosta, 2005), encontrando que además de los municipios antes citados también se encuentra de forma natural en los bosques presentes en los municipios de Altotonga, Las Minas y Tatatila.

La distribución de las plantas se asocia principalmente a los factores climáticos y edáficos (Hanson y Churchill, 1961), por lo tanto hace factible determinar la distribución potencial a través del método de zonificación ecológica (García y Sierra, 2014), sin embargo, depende de la información cartográfica existente, por lo cual se considera puede ser mejorada al complementar la información con mayor detalle de la superficie terrestre. Se observó que la carta de edafología tiene un peso importante en la distribución de *P. chiapensis*. En general se han hecho diversos intentos por realizar modelaciones y siempre hay diferencias significativas entre el área determinada y el área real, las cuales se relacionan con las variables ocupadas para realizar la predicción (Ortega-Huerta y Peterson, 2008).

Derivado de lo anterior es imprescindible conocer los requerimientos ambientales reales de la especie. Para el caso de *P. chiapensis* se encontró que los requerimientos reportados en otros estudios (Del Castillo y Acosta, 2002; Perry, 1991; Vilela y Acosta, 2001) presentan en algunas variables ambientales diferentes a los identificados en el área de distribución en el estado de Veracruz. Por ejemplo el rango de distribución altitudinal ya que el estado de Veracruz y Puebla presentan el límite norte de la distribución natural de la especie. Narave y Taylor (1997) se aproximan a los rangos de altitud encontrados en el estado al reportar que la especie se localiza entre los 500 a los 1400 msnm, en el presente estudio se encontró que *P. chiapensis* se distribuye de forma natural entre los 350 a 1800 msnm, siendo común entre los 400 a 1600 msnm.

Sin embargo, se registraron pinos plantados de cuatro años en el municipio de Misantla a 250 msnm, lo que puede también reflejar la flexibilidad de la especie.

En cuanto a la pendiente del terreno no se encontraron elementos para determinar la preferencia por los terrenos inclinados (Domínguez, 1986), ya que fueron igualmente identificados en terrenos planos o semiplanos, sin embargo, se observó que la preferencia de los suelos planos para actividades agrícolas y ganaderas restringen para el estado de Veracruz a *P. chiapensis* en laderas o zonas de difícil acceso. Domínguez (1986) reporta para los bosques donde se distribuye el pino en Oaxaca temperaturas similares a las encontradas en Veracruz, pero Zamora y Velasco (1977) sitúa a *P. chiapensis* con una menor precipitación para el estado de Chiapas, con respecto a las condiciones de humedad en Veracruz.

Las especies que están asociadas a *P. chiapensis* en Veracruz corresponden en su mayoría a las descritas por Zamora y Velasco (1977) para el bosque mesófilo donde se distribuye el pino en el estado de Chiapas, diferente a las especies reportadas en el bosque de la sierra de Guerrero donde son pocos los géneros en común como lo es: *Quercus*, *Croton*, *Persea*, *Clethra*, *Carpinus*, *Miconia*, y *Pinus*. Este último ocupando el lugar 21 de las especies registradas dentro del índice de valor de importancia ecológica, lo que implica una baja representatividad del género *Pinus*, dicha diferencia puede deberse a que en la sierra de Guerrero se consideró en el estudio dasonómico árboles con diámetros superiores a 1 centímetro (Hevarástico-Catalán *et al.*, 2003), mientras que en Veracruz se consideraron diámetros superiores a 7.5 cm. En el estado de Oaxaca, en los bosques de los terrenos comunales de Santo Tomás Teipan se registraron 39 especies arbóreas, sin embargo, *P. chiapensis* ocupó el lugar 21 en el valor de importancia relativa considerando un DAP de 2.5 cm, lo que puede indicar que a pesar de tener similitud la composición arbórea de los bosques, presentan en los diferentes estados diferencias en la densidad poblacional de *P. chiapensis*. Derivado de que este pino es una especie propia de un ecotono, podemos determinar que no es parte de la composición en todas las superficies donde se distribuye el bosque mesófilo de montaña como lo es en Xico, Veracruz donde se encontró una composición arbórea similar a las zonas de distribución del pino, sin estar presente este (García-De la Cruz *et al.*, 2013).

En cuanto a la composición arbórea de los terrenos con periodos de abandono en el estado de Veracruz *P. chiapensis* demostró ser una especie de importancia ecológica relevante ya que es de las primeras en colonizar y ser dominante, tal y como lo reporta Blanco-Macias (2007). Sin embargo, en el estado de Veracruz se observó que la regeneración es muy baja o está ausente, tal y como se observó en Chiapas y Oaxaca (Zamora y Velasco, 1977; Martínez-Carrasco, 1998; del Castillo *et al.*, 2004; del Castillo *et al.*, 2009), lo cual puede ser atribuido al manejo de los cultivos, competencia con el bosque y posibles efectos de endogamia en las poblaciones, derivado de la alta fragmentación que existe, lo cual se puede manifestar en una baja viabilidad de semillas (Del Castillo *et al.*, 2009).

La regeneración de esta especie aparentemente es intolerante a la sombra (Newton *et al.*, 2002; Grubb, 1997) ya que se ha reportado como una especie abundante en la sucesión temprana de los bosques mesófilos, particularmente en los sitios donde se practica agricultura de roza, tumba y quema (Del Castillo *et al.*, 2009), lo que pudo ser observado en Veracruz ya que se presentó regeneración natural entre los cultivos de caña y café, tal como lo reporta Martínez (1998) entre los cultivos de maíz, frijol y calabaza en el estado de Chiapas.

No obstante, se registró una alta tasa de regeneración natural en algunos lugares donde se encontró el helecho (*Pteridium aquilinum*), lo cual fue expuesto por Ramírez-Marcial, *et al.* (2004) quien menciona que en áreas abiertas y degradadas después de un periodo dominado por helechos (*Pteridium spp.*) y arbustos, el primer bosque en aparecer está dominado por *P. chiapensis*, siendo una especie clave en la colonización (Del Castillo *et al.*, 2009).

Se observó que *P. chiapensis* es una especie clave en las zonas de transición del bosque mesófilo de montaña y la selva tropical sub-perennifolia en el estado de Veracruz, por lo que su preservación es necesaria para la estabilidad de estos ecosistemas (Del Castillo *et al.*, 2009). Sin embargo, se encontró que la distribución fragmentada de este pino, debido al cambio de uso de suelo y la tala ilegal, ha aislado a las poblaciones y dejando árboles solitarios, tal como lo describe Rodríguez-Acosta *et al.* (2005) o en pequeños grupos diseminados a lo largo de toda la franja de su distribución natural.

Por consiguiente, la estructura de los bosques donde se distribuye parece ser cada vez más degradada lo que puede indicar una selección disgénica. Rodríguez-Acosta *et al.* (2005) encontró que para Puebla y Veracruz las clases diamétricas más abundantes de *P. chiapensis* fueron de 21 a 60 cm, siendo poco frecuentes los mayores a 50 cm y menores a 5 cm, en el presente trabajo se observó que la clase diamétrica más abundante en la actualidad es de 25 a 45 cm, y poco frecuentes árboles con mayores y menores diámetros. En cuanto a la conformación estructural de los árboles de *P. chiapensis*, del Castillo (Comunicación personal, enero 2017) mencionó que el tamaño de ramas, fuste limpio y rectitud de fuste de los pinos del estado de Oaxaca son diferentes a los que presenta el estado de Veracruz, lo cual se considera debe ser estudiado.

8. Conclusiones

Pinus chiapensis tiene un área de distribución en la zona central del estado de Veracruz, en los municipios de Atzalan, Altotonga, Jalacingo, Las Minas, Tlapacoyan y Tatatila y ocupando un total de 245 km². Aunado a éstos, existen 313 Km² que representan un área de distribución potencial en donde existen condiciones para establecer este pino permitiendo ampliar el área en donde se puedan llevar a cabo acciones para la conservación y mejoramiento de la especie, siempre y cuando, se realicen programas enfocados a ello.

Las áreas con mejor estado de conservación de *P. chiapensis* se encuentran en el municipio de Altotonga, entre las comunidades de Zapotitlán, Temimilco y Mecacalco y esto se debe a que se encuentran masas forestales multietáneas.

Los rangos óptimos de las variables ambientales que definen el área de distribución de los bosques donde se encuentra *P. chiapensis* en Veracruz comprenden principalmente una altitud de 400 a 1600 msnm, temperaturas promedio anual de 18 a 22°C y una precipitación promedio anual de 1800 a 3250 mm y suelos arenosos, condiciones clave para su distribución dentro del Estado y que pudiera estar asociada a la gradiente latitudinal.

P. chiapensis se encontró tanto en pequeños fragmentos de bosque, como en suelos agrícolas y ganaderos con tallas similares, por lo tanto, su presencia no está limitada por el uso de suelo.

Las áreas arboladas en los diferentes usos de suelo presentan similar diversidad de especies. Esto no implica que presenten las mismas especies, ya que el índice de similitud es bajo entre los diferentes usos de suelo, asociándose principalmente a especies secundarias.

P. chiapensis es un componente importante en el área de transición del bosque mesófilo de montaña y el subtropical en Veracruz, con valores de importancia ecológica que están entre 20 y 30%, debido a la mayor densidad de individuos y sus áreas basales en comparación con otras especies.

El principal problema encontrado para *P. chiapensis* es la falta de regeneración natural, lo que nos describe problemas de germinación o sobrevivencia de plántula, ya sea por

depredadores, posible endogamia o condiciones ecológicas. Sin embargo una vez superado los primeros años su establecimiento es adecuado.

Derivado de los resultados aquí obtenidos se sugiere realizar estudios específicos sobre la regeneración natural y la importancia de las plantas nodrizas en la regeneración natural de *P. chiapensis*, ya que aparentemente el pino requiere de condiciones muy específicas de luz, humedad y temperatura una vez que ya emergió la plántula y esta condición parece ser más importante que la sombra producida por el dosel.

9. Literatura citada

- Arvizu, F. L. (2003). *Caracterización de marcadores RAPDs en Pinus chiapensis y en el complejo Pinus ayacahuite – P. strobiformis*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México
- Benítez, H. L. (2002). Regeneración natural de *Pinus caribaea* var. *Caribaea* mediante talas rasas en fajas alternas. Tesis de doctorado no publicada, Universidad de Alicante, España
- Cano, A. y Stevenson, P. R. (2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica Caparú, Vaupés. *Revista Colombia forestal* (12) 63 - 68
- Céspedes-Flores, S. E. y Moreno-Sánchez, E. (2010). Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental* 2 (2): 5 - 13
- Conafor. (2011). *Manual y procedimientos para el muestreo de campo, Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Zapopan, Jalisco
- Cuadras, C. M. (2014). *Nuevos métodos de análisis multivariante*. Barcelona, España, Ediciones CMC
- Del Castillo, R. F. (1996). Aspectos autoecológicos de *Pinus chiapensis*. Memorias del segundo coloquio Regional de Investigación, Facultad de ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México. Pp 63 – 68
- Del Castillo, R. F. y Acosta, S. (2002). Ethnobotanical notes on *Pinus strobus* Var. *Chiapensis*. *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica*, 73 (2), 319 – 327
- Del Castillo, R. F., Pérez de la Rosa, J. A., Amado, G. V., Rivera-García, R. (2004). Coníferas. En: García-Mendoza, A., Ordoñez, M. J. y Briones, M. A. Editores. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la conservación de la naturaleza, World Wildlife Fund, pp. 141-158. México D. F., México.
- Del Castillo, R. F. y Blanco-Macías, A. (2007). Secondary succession under a slash and burn regime in a tropical montane cloud forest: soil and vegetation characteristics. En A. C. Newton (Ed.), *editor Biodiversity loss and conservation in fragmented*

forest landscapes. The forests of montane Mexico and temperate South America (pp. 158 a 180).CAB International, Wallingford, UK

Del Castillo R., Trujillo A.S., Sánchez-Romero C. 2009. *Pinus chiapensis*, a keystone species: Genetics, ecology, and conservation. *Forest Ecology and Management*, 257:2201-2208.

Dolling, A., Zackrisson, O., Nilsson, M. C. (1994). Seasonal variation in phytotoxicity of bracken (*Pteridium aquilinum* L Kuhn). *Journal of chemical ecology*. 20 (12): 3163 – 3172.

Domínguez. A. F., (1986). *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen: Nuevo registro para Oaxaca, México. *Revista Ciencia Forestal en México*, 21 (80)

Dvorak, W. S., Gutiérrez, E. A., Osorio, L. F., Van der Merwe, L., Kikuti, P., Donahue, J. K. (2000). *Pinus chiapensis*. In: *Conservation & Testing of tropical & subtropical forest tree species by CAMCORE Cooperative*, College of Natural Resources, NCSU. Raleigh, NC. USA.

Eguiluz-Piedra, T. (1985). Descripción botánica de los pinos mexicanos. In: IX Congreso Forestal Mundial. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Farjon, A., (2005). *Pines: Drawings and Descriptions of the Genus Pinus*.Michigan, USA: Brill Academic pub

Farjon, A. y Styles B. T. (1997). *Flora Neotrópica, Pinus (Pinacea). Monograph 75*.New York, USA: The New York Botanical Garden

García, A. A. y González, M. S. (2003). *Pináceas de Durango*. México: Instituto de Ecología, Comisión Nacional Forestal.

García, C. Y. y Sierra, V. A. (2014). Manual de zonificación ecológica de especies forestales y aplicación de modelos de simulación del efecto invernadero del cambio climático. Recuperado de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/3230Manual%20de%20Zonificaci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20de%20especies%20forestales.pdf>

García-De la Cruz, Y., Olivares-López. L. A. y Ramos-Prado, J. M. 2013. Estructura y composición arbórea de un fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz, *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, vol. 19: 91-101

- García V. A. (2010). *Actualización en el conocimiento de Pinus chiapensis (Martínez Andresen)*. Monografía de licenciatura no publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México
- Garfias, S. R., Castillo, S. M., Toral, I. M., Adasme, G. C. y Navarro, C. R. (2013). Determinación de la distribución actual y potencial de bosque nativo mediante análisis espacial en SIG. Estudio de caso: Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe en Chile. *Interciencia*, 38 (8), 577 – 584
- Gernandt, D. S., Gaeda, L. G., Ortiz, G. S., y Liston, A. (2005). Phylogeny and classification of Pinus. *Taxon* 54: 29 – 42
- Gernandt, D. S., Pérez-de la Rosa, J. A. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85
- Grubb, P. J. (1997). The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche, *Biological review* 52: 107 – 145.
- Hammer, Ø. Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hevarástico-Catalán, C., López-Mata, L. y Terrazas, T. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales del instituto de biología*. Serie botánica, vol. 74
- Holl, K. D., Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems?. *Forest Ecology and Management*, 261, 1558 - 1563
- INEGI, 2010. Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP. Recuperado de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/>
- Jatoba, L. J., Varela, R. M., González-Molinillo, J. M., Ud-Din, Z., Juliano-Gualtieri, S. C., Rodríguez-Filho, E., Macías, F, A. (2016). Allelopathy of bracken fern (*Pteridium arachnoideum*): new evidence from Green fronds, litter, and soil. *Plos one*. DOI: 10.1371/ journal.pone.0161670.
- Larson, M. M. y Schubert, G. H. (1969). Root competition between Ponderosa Pine Seedling and Grass. *USDA Forest Service Research Paper* RM 54

- Leal-Nares O., Mendoza M. E., Pérez-Salicrup D., Geneletti D., López-Granados E., Carranza E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinezii*: un modelo especial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 1162 – 1170.
- Le Maitre, D. C. (1998). Pines un cultivation: a global view. En: Richardson, M. D. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Lopez, G. A. (2007). *Estructura y distribución espacial de un bosque de Pinus chiapensis en la Sierra Sur de Oaxaca*. Tesis de maestría no publicada, Colegio de postgraduados, montecillos.
- Martínez M., M. (1940). Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. México. 11:28
- Martínez C. N. (1998). Atributos poblacionales y reproductivos de *Pinus chiapensis* en Chiapas, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México*. 69 (2)
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M. y Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84: 217 – 240
- Mejía-Domínguez, N., Meave, J. A. y Ruiz-Jimenez, C. A. (2004). Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de la sociedad botánica de México*, vol. 74: 13 - 29
- Mirov, N. T., (1967). *The genus Pinus*. New York, USA: The Ronald Press
- Moreno-Sánchez, R., Buxton-Torres, T., Sinbemagel, K. y Moreno, S. F. (2014). Fragmentation of the forests in Mexico: national level assessments for 1993, 2002 and 2008. *Revista internacional de estadística y geografía*, 5 (2), 4 - 17
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia
- Narave, F. H y Taylor, K. (1997). Pinaceae, *Flora de Veracruz*, Fascículo 98, México.
- Newton, A. C., Allnut, T. R., Dvorak, W. C., del Castillo R. F., Ennos, R. A. (2002). Patterns of genetic variation in *Pinus chiapensis*, a threatened Mexican pine, detected by RAPD and mitochondrial DNA RFLP markers. *Heredity*, 89: 191 – 198





- Nieto, A. B., Galindo, M. P., Leiva, V., y Vicente-Galindo, P. (2014). A methodology for Biplots Based on Bootstrapping with R. *Revista colombiana de Estadística (Special issue on "Current Topics in Statistical Graphics")*, 37(2): 367 – 397.
- Ortega-Huerta, M. A., T. Peterson. (2008). Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence- only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79, 205 – 216
- Perry, J. P. (1991). *The pines of Mexico and Central America*, Portland, Oregon: Timber press.
- Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A. y González-Espinosa, M. (2004). Potencial Florístico para la restauración de bosques en los Altos y Montañas del Norte de Chiapas. En: González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Ruíz-Montoya, L. (2004). *Diversidad Biológica de Chiapas*. México, pp. 251-287.
- Richardson, D. M. y P. W. Rundel. (1998). *Ecology and biogeography of Pinus; an introduction*. Cambridge: University Press.
- Rodríguez-Acosta M., (2005), Índice de sitio para *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en un área de distribución natural en los estados de Veracruz y Puebla, México. *Revista chapingo*, vol 11, núm 1
- Romero H., A. E. (2005). *Tablas de volúmenes para Pinus chiapensis (Martínez) Andresen, en su área de distribución natural en los estados de Puebla y Veracruz*. Tesis de Licenciatura no publicada. Chapingo, México.
- Rosete-Vergés F. A., Pérez-Damián J. L., Villalobos-Delgado M., Navarro-Salas E., Salinas-Chávez E. y Remond-Noa R. (2014). Avance de la deforestación en México 1976 – 2007. *Madera y Bosques*. 20, 21 - 35
- Ryzhkova, V. y Danilova, I. (2012). GIS-based classification and mapping of forest site conditions and vegetation. *Bosque*, 33 (3) 293 – 297
- Rzedowski, J.(2006). *Vegetación de México*. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Rzedowski, J. y Vela, L. (1996) *Pinus strobus* var. *Chiapensis* en la Sierra Madre del Sur de México. *Ciencia*, 24, 211 - 216
- Sáenz-Romero, C.(2010). *Guía para mover altitudinalmente semillas y plantas de Pinus oocarpa, Pinus devoniana, Pinus pseudostrobus, Pinus patula y Pinus hartwegii*,

para restauración ecológica, conservación, plantaciones comerciales y adaptación al cambio climático, México, CONAFOR-UMSNH.

- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y bosques* (14) 1.
- Santiago, O. A. L., Villavicencio, G. R., Godínez, H. J., Chávez, A. J., Toledo, G. S. (2012). Tamaño de fragmentos forestales en el bosque de pino-encino, Sierra de Quila, Jalisco. *Revista México Ciencia Forestal*, 3 (14), 23 - 38
- Semarnat. (2010). Norma Oficial Mexicana (Nom-059-SEMARNAT-2010) Diario Oficial de la Federación. México D. F. Pág. 63
- Soberón, J. y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity informatics*, 2, 1 – 10
- Schultes, R. E. (1941) The Economic Aspects of the Flora of Northeastern Oaxaca, México. Ph.D. dissertation. Harvard University, Cambridge.
- Syring, J., del Castillo, R. F., Cronn, R., Liston, A. (2007). Multiple nuclear loci reveal the distinctiveness of the threatened Neotropical *Pinus chiapensis*. *Systematic Botany* 32, 703 – 727
- Thomas, P. and Farjon, A. (2013). *Pinus strobus* var. *chiapensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e. T32499A2820834. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T32499A2820834.en> Downloaded on 28 January 2018
- Traversa-Tejero. I. P. y Alejano-Monge, M. R. (2013). Caracterización, distribución y manejo de los bosques nativos en el norte de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 249 – 262
- Valerio, J. (1997). Intensidad de cosecha y ciclos de corta en el manejo de bosque natural. Simposio Internacional "Posibilidades de manejo forestal sostenible en América tropical. BOLFOR, CIFOR, UFRO. Santa Cruz de la Sierra 255 - 263
- Valdés-Sáenz, M. A., García-Quintana, Y., Escarré-Esteve, A., Flores, J., Geada-López, G., Arteaga-Crespo, Y. y Valdés-Sáenz C. R. (2014). Estructura de un bosque natural perturbado de *Pinus tropicalis* Morelet en Galalón, Cuba. *Botanical sciences*, 93(3), 417 – 423.
- Vilela, E. A. y Acosta, C. S. (2001). *Pinus chiapensis*: Un enfoque ecológico de su anatomía foliar. *Polibotánica* 11, 111 – 120.

- Wadsworth, F. H. (2000). Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicios Forestal. Manual de agricultura
- Yañez. M. O. y Caballero D. M. (1991). Variación de algunas características de *Pinus strobus* Var. *Chiapensis* Mtz. De tres localidades de su distribución natural: densidad relativa y longitud de traqueida de la madera, *Revista chapingo*, 15 (75): 18 - 24
- Yberri, F. G. (2009). *Distribución geográfica de Nopal xochiac phyllanthoides (DC) britton et Rose (Cactaceae): Modelos predictivos y conservación*, Tesis profesional No publicada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vicente-Villardón, J.L. (2014). *Multibplot: a package for Multivariate Analysis using Biplots*. Departamento de Estadística. Universidad de Salamanca. <http://biplot.usal.es/ClassicalBiplot/index.html>
- Zamora, C. S. y Castellanos, J. F. (1999) Tecnología para la conservación de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. *Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)*. Folleto Técnico Forestal. N° 4. Pág. 24
- Zamora, S. C. Velasco, F. V. (1977). *Pinus strobus* var *chiapensis*, una especie en peligro de extinción en el estado de Chiapas. *Ciencia Forestal*. 2(8): 3 - 23

Anexo I

Nombre común	Nombre científico identificación	Imagen	Imagen
Sangregado	<i>Croton draco</i> Schltdl. & Cham.		
Gasparito	<i>Erythrina americana</i> Miller		

Mata caballo,
ixpepe

Trema micrantha (L)
Blume



Chalahuite

Inga jinicuil Schltdl.
& Cham. Ex G. Don



Jinicuil

Inga edulis Mart



Jicarillo

Alchornea latifolia Sw.



Chilillo

Drimys granadensis var
mexicana (DC.) A. C. Sm.



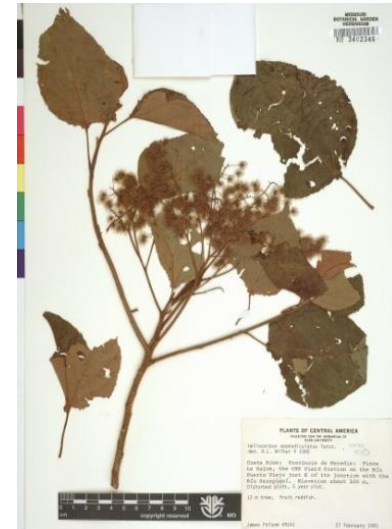
Xibracho

Aphananthe monoica
(Hemsl.) J. F. Leroy



Jonote

*Heliocarpus
appendiculatus* Turcz



Ojo de totol

Miconia trinervia (Sw)
D. Don ex Loudon



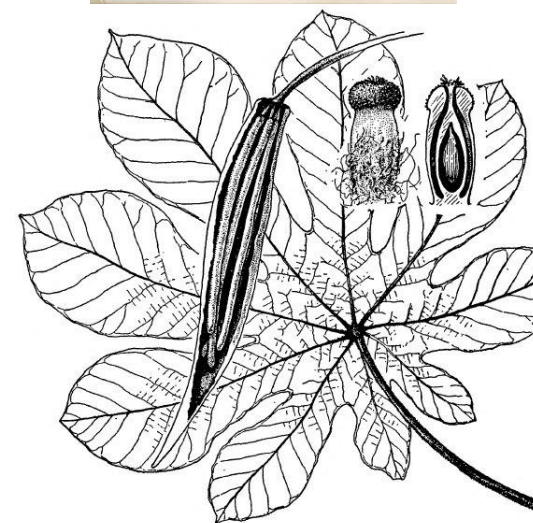
Chichi de perra,
rabo lagarto

*Zanthoxylum
melanostictum* Schldl.
& Cham.



Hormigo

Cecropia obtusifolia
Bertol.



Cachichín

Oecopetalum
mexicanum Greenm. &
C. H. Thomps



Ilite

Alnus acuminata Kunth



Piocho

Melia azedarach L.



Liquidambar

Liquidambar styraciflua
L.



Tepetomate

*Pseudolmedia
oxyphyllaria* Donn. Sm.



Pipinque

Carpinus caroliniana
Walter



Marangola

Clethra mexicana DC.



Palo de agua
Amenazada norma
059

Bravaisia integerrina
(Spreng.) Stadl



Bienvenido

Tapirira guianensis
Aubl.



CIMA 2017

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
COORDINACIÓN DE OPERACIÓN Y REDES DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Otorgan el presente Reconocimiento a

Jorge Alberto Pineda Posadas

Por la **Mejor Presentación Oral**

**Distribución y caracterización ecológica de
Pinus chiapensis (Martínez) Andresen en Veracruz**

de la línea de investigación **Recursos Naturales y Biodiversidad**, en el marco del
3er. Congreso Internacional de la Red de Medio Ambiente del IPN
"Hacia la resiliencia en México".

Ciudad de Santiago de Querétaro,
Querétaro, México
17 al 19 de Mayo de 2017

"La Técnica al Servicio de la Patria"



Dra. Laura Arreola Mendoza
Directora de Investigación y
Coordinadora de la Red de Medio Ambiente

Dr. Jonathan Muthuswamy Ponniah
Coordinador del 3er. Congreso
Internacional de la Red de Medio Ambiente



SECRETARÍA
DE TURISMO



CIMA 2017

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
COORDINACIÓN DE OPERACIÓN Y REDES DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

Otorgan la presente **Constancia** a

**J.A. Pineda Posadas, V. Rebolledo Camacho,
C. Álvarez Aquino, R.F. del Castillo**

Por la **Presentación Oral**

**Distribución y caracterización ecológica de *Pinus chiapensis*
(Martínez) Andresen en Veracruz**

en el marco del

**3er. Congreso Internacional de la Red de Medio Ambiente del IPN
"Hacia la resiliencia en México".**

Ciudad de Santiago de Querétaro,
Querétaro, México
17 al 19 de Mayo de 2017

"La Técnica al Servicio de la Patria"

Dra. Laura Arreola Mendoza
Directora de Investigación y
Coordinadora de la Red de Medio Ambiente

Dr. Jonathan Muthuswamy Ponniah
Coordinador del 3er. Congreso
Internacional de la Red de Medio Ambiente

